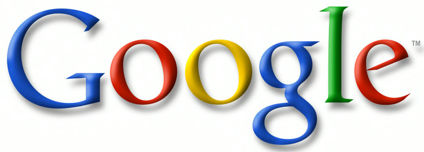
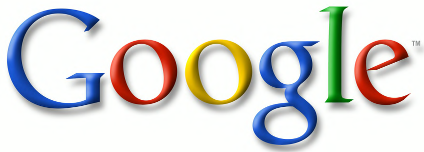




Handbuch
der
Schaltungsschemata.

II. Band.

Handbuch

der

Schaltungsschemata

für

elektrische Starkstromanlagen.

Zweite umgearbeitete und sehr vermehrte Auflage.

In zwei Bänden

für die Praxis bearbeitet

von

Ernst Hirschfeld

unter Mitwirkung von

Halvor Kittilsen,

Ingenieure.

II. Band:

Sekundärstationen.



BERLIN SW. 61.

Louis Marcus Verlagsbuchhandlung

1905.

Sekundärstationen

Schaltung in Leitungsnetzen, der Energieverbraucher und Nebenapparate

von

Ernst Hirschfeld,
Ingenieur.

II. Band

mit 369 Schaltungsschemata auf 122 Tafeln.



BERLIN SW. 61.
Louis Marcus Verlagsbuchhandlung
1905.

Druck von E. Buchbinder in Neu-Ruppin.

Vorwort zur ersten Auflage.

Das vorliegende Handbuch soll für den Fachmann, den projektierenden und ausführenden Ingenieur, den praktischen Elektrotechniker, den strebsamen Monteur und Maschinisten einerseits, den Besitzer einer grösseren elektrischen Anlage und den orientierungsbedürftigen Laien anderseits, besonders aber den Anfänger ein leicht fassliches und praktisches Nachschlagebuch sein, um sich über eine gerade geforderte Schaltung sofort klar werden zu können.

Daher bietet es nur in der Praxis gesammelte und erprobte Schaltungen.

Im Text sind, dem Zweck des Werkes entsprechend, alle höhere theoretische Vorkenntnisse erfordernden Erläuterungen, die das Werk viel zu kompendiös gestaltet hätten, fortgelassen, zumal es in der technischen Literatur eine ganze Zahl solcher für jeden Fall einschlägigen Lehrbücher gibt, um sich gewünschtenfalls genauer zu unterrichten; trotzdem hofft Verfasser, diejenigen Gebiete, auf denen ein gewisses Vorstudium immerhin notwendig ist, soweit faßlich dargestellt zu haben, als dies bei der knappen Wahl des Textes dem Zwecke des Buches entsprechend notwendig ist.

Dem Verfasser lag für die Abfassung des Handbuches der Gedanke zugrunde, daß dies Werk, welches das erste derartige auf dem Gebiete der technischen Literatur ist, seinen Zweck erfüllen und dem in die Praxis tretenden Fachmanne, an den immer höhere Anforderungen gestellt werden, ein lange entbehrtes Hilfsbuch für die tägliche Ausübung seines Berufes sein möge.

Gleichzeitig soll an dieser Stelle den betreffenden Fachgenossen und Firmen, sowie dem Verbande Deutscher Elektrotechniker, welche in liebenswürdigster Weise dem Verfasser Material zur Vervollständigung des Werkes zur Verfügung gestellt haben, Dank gesagt werden mit der Bitte, durch gütige weitere Zuschriften und Ratschläge eine eventuelle zweite Auflage zu einer noch vollkommeneren gestalten zu helfen.

Dortmund, im Mai 1901.

Der Verfasser.

Vorwort zur zweiten Auflage.

Gerne komme ich dem Wunsche der Verlagsbuchhandlung nach, eine zweite Auflage des „Handbuches der Schaltungsschemata“ zu bearbeiten, da ich durch die Tatsache, daß die erste Auflage in so kurzer Zeit vergriffen ist, meine Annahme bestätigt finde, daß der elektrotechnischen Literatur ein Werk wie das vorliegende gefehlt hat.

Da die erste Auflage als erstes derartiges Werk ohne jeden Anhalt an Vorbilder entstand, war es selbstverständlich, daß derselben einige Mängel anhafteten, die in der neuen Auflage nach Möglichkeit vermieden wurden.

Außerdem war es nötig, Schaltungen von Anlagen in denjenigen Industriezweigen, die sich erst neuerdings eingehender dem elektrischen Betriebe zuwenden, und wo früher sichere Erfolge nicht vorlagen, hinzuzunehmen, wie z. B. Bergwerksanlagen und Schnellbahnen.

Sämtliche anderen Abschnitte sind bedeutend erweitert, wie besonders Elektrizitäts-Werke, Straßenbahnen, Kran- und Fahrzeugschaltungen usw., so daß die früheren Lücken ausgefüllt sein dürften.

Durch diese Erweiterung ist das Werk jedoch so umfangreich geworden, daß eine Teilung in zwei Bände notwendig wurde, von denen der erste die Primärstationen, der zweite die Sekundärstationen und Nebenapparate behandelt. Die vielseitig gewünschte Einteilung in I. Gleichstrom, II. Ein- und Mehrphasenströme ließ sich infolge der hierbei nötigen vielen Wiederholungen nicht durchführen. Auch mußten leider der Einheitlichkeit wegen die Tafeln ohne die gewünschte Überschrift erscheinen, da diese Überschrift auf manchen Tafeln einer ganzen Beschreibung gleichen würde und daher nur hätte teilweise durchgeführt werden können. Da die Anordnung der Tafeln jedoch ganz systematisch ist und im Gesamtinhaltsverzeichnis jede Figur benannt ist, hoffe ich, daß dies zum Auffinden einer gewünschten Schaltung genügt.

An dieser Stelle will ich außerdem meinen Herren Kollegen für die vielseitigen Anregungen, den Fachzeitschriften für die mir gegebenen Hinweise sowie Herrn Arthur Wulf für seine zeichnerische Hilfe meinen besten Dank aussprechen und hieran die Bitte knüpfen, diese zweite Auflage ebenso wohlwollend wie die frühere aufnehmen zu wollen.

Elberfeld, im Februar 1905.

Der Verfasser.

Inhaltsverzeichnis zu Band II „Sekundäranlagen".

Verzeichnis der Schaltungsschemata.

Druckfehlerverzeichnis.

Tafel	Figur	
8	1 u. 2.	Die unteren Kollektorbürsten erhalten das Zeichen —. Die Drehrichtung ist umgekehrt wie gezeichnet.
8	2	Die Stromzuführungszeichen + — sind zu vertauschen.
11	4	Im Text ist Figur 4 stark gedruckt zu denken.
12		Die unterste Figur ist mit Nr. 3 zu bezeichnen.
15	2	Kontakt C_1 ist mit den beiden letzten obersten Kontakten der korrespondierenden Ankeranlaßwiderstände W (rechts und links) zu verbinden.
23		Setze statt Figur 6 Figur 8.
24	1	Muß heißen: Wicklung 4- und 8- (nicht 3-) polig.
38	2	Der Fingerkontakt zwischen 4 und 5 ist mit 5 zu verbinden.
53	1	Fehlt Bezeichnung des Punktes f unterhalb c. Der Schleifring hat bei a eine isolierte unterbrochene Stelle.
100	2	T ist mit K zu verbinden.
114	2	An die links neben f liegende Solenoidspule setze r.
177		Im Text muß es statt der ersten Figur 4 Figur 3 heißen.

Band II.

I. Abschnitt.

Anordnung von Verteilungsnetzen.

Tafel 1.

Die Anordnung eines *Zweileiter-Stromnetzes für Licht- und Kraftbetrieb* geschieht derartig, daß von den Sammelschienen der Zentrale Leitungen durch das Konsumgebiet verzweigt werden, deren Querschnitt bei gegebener Stromstärke einmal nicht unter ein von den Vorschriften des Verbandes deutscher Elektrotechniker (s. Anhang Bd. 1) bestimmtes Minimum sinken darf, das andere Mal von dem durch Entfernung und Stromstärke bedingten Spannungsabfall bezw. Kraftverlust abhängig ist. Für die in der Tafel angegebenen Querschnitte sind nur die Verbandsvorschriften betr. Bemessung der Querschnitte bei den verschiedenen Stromstärken berücksichtigt. Drähte von 1 qmm Querschnitt sind nicht verwendet, weil dieselben wegen der geringen Festigkeit nicht gerne verwendet werden, obwohl dieses zulässig ist.

Die *Berechnung des Spannungsabfalles* in den Leitungen geschieht auf der Basis des Ohmschen Gesetzes (Tafel 99, Fig. 1) und seiner Erweiterungen nach der Formel: $q = \frac{2l \cdot i}{60 \cdot p}$, worin q den gesuchten Querschnitt, i die Stromstärke in Ampère, l die Weglänge, p den zulässigen Spannungsabfall in Volt, $\frac{1}{60} = 0{,}0166$ den spezifischen Widerstand des Kupfers bedeutet. In dem Verteilungsnetz nimmt man gewöhnlich 2—3% Verlust an, während in Speiseleitungen 15—20% zulässig sind.

In einem Verteilungsnetz sucht man für jede Hauptleitung Summe $i \cdot 2l$ und berechnet den erforderlichen Querschnitt, dann kontrolliert man die Leitungen auf Stromdichte und verändert entsprechend der Belastung die Querschnitte derartig, daß nach Durchrechnung der einzelnen Strecken nach der veränderten Formel: $p = \frac{2i \cdot l}{60 \cdot q}$ die Summe der hier sich ergebenden

p_1, p_2 usw. den zulässigen Spannungsabfall nicht übersteigt*). Dieselbe Formel gilt für einphasigen Wechselstrom, doch vermeidet man hier zur Verhütung von Wirbelströmen zu starke Drähte.

Als Bezeichnungen in der Tafel für die einzelnen Apparate dienen: *5 A, 6 A, 12 A* = Bogenlampen mit eingeschriebener Stromstärke, *7 PS, 15 PS* usw. = Motoren mit Angabe der Pferdekraft, *H* = Hebelausschalter, *W* = Widerstände, *AW* = Anlaßwiderstände, *S* = Sicherungen mit Angabe der Abschmelzstromstärke, × = Glühlampen, *Ansch* = Anschlüsse für bewegliche Apparate, *Vent* = Ventilatoren, *Hz* = Heizkörper, *Sch W* ein Scheinwerfer. Die Gesamtanordnung besteht in Parallelschaltung der Stromverbrauchsapparate, die unter sich z. T. hintereinander geschaltet sind (Bogenlampen). Besondere Schaltungen für Glühlampen und Bogenlicht s. Tafel 41—51.

Tafel 2.

Der Leitungsberechnung im Zweileiternetz (z. B. 110 Volt) legten wir die Formel $q = \frac{i \cdot 2\,l}{60 \cdot p}$ zugrunde. Würden wir jetzt die Spannung verdoppeln (220 Volt), so erhielten wir für i bei demselben Wattverbrauch $\frac{i}{2}$, und für p als den zulässigen proportionalen Spannungsabfall $2\,p$, mithin die Formel $q = \frac{\frac{i}{2} \cdot 2\,l}{60 \cdot 2\,p} = \frac{i \cdot l}{60 \cdot 2\,p}$. Bei einer Dreileiteranlage ist aber die Außenleiterspannung doppelt so hoch wie die Gebrauchsspannung, und demnach gilt diese Formel auch zur Berechnung der Querschnitte der Außenleiter, i ist hierbei die in den Netzhälften zwischen + und 0, sowie — und 0 auftretende Verbrauchsstromstärke. Die Null- oder Ausgleichsleitung nimmt man gewöhnlich von halber Stärke der Außenleiter.

Die Leitungsquerschnitte in diesem Stromverteilungsschema sind wie vorher auf Grund der Belastungsgrenzen angegeben. Die Bezeichnungen sind dieselben wie in Tafel 1. Zur Entlastung des Nulleiters, welcher den Differenzstrom der beiden Netzhälften führt (z. B. + und 0 = 30 A, 0 und — = 40 A: Nulleiter = 10 A), wird der Stromverbrauch der Netzhälften nach Möglichkeit ausgeglichen.

Tafel 3.

Die in einem Wohnhaus mit Hintergebäude und industriellen Betrieben im *Anschluß an ein Straßennetz,* beispielsweise zur Verwendung kommenden Motoren, Bogenlampen, Glühlampen usw. sollen in dieser Tafel schematisch veranschaulicht werden. Die Angaben sind für mittlere Betriebe gemacht.

*) Näheres über Leitungsberechnung Neureiter: Verteilung der elektrischen Energie; Hochenegg: Die elektrischen Leitungen usw.

Tafel 4.

Figur 1. Soll eine vorhandene von einer *Zweileiteranlage* gespeiste Stromverteilungszentrale *an ein Drehstromnetz angeschlossen* werden, so brauchen die Verbindungsschienen + — nur bei *a* und *b* durchschnitten, und die Drehstromleitungen in der punktierten Weise an die Schienenteile geführt werden; die abzweigenden Leitungen liegen dann in Phase I, II, III gleichmäßig verteilt.

Figur 2. Wird in einer *Glühlichtzweileiteranlage* für Gleichstrom die Vorkehrung getroffen, daß *zur Nachtzeit* oder bei ev. Betriebsstörungen *von dem z. B. städtischen Drehstromnetze* gleicher Hauptspannung *Strom entnommen* werden kann, so erhält die Verteilungszentrale die gezeichnete Anordnung. Die Gleichstromzuleitungen sind mittels vierpoligen Hebelschalters ebenso wie die Drehstromzuleitung einschaltbar. Diese Hebel sind mechanisch so verbunden, daß nur einer zur gleichen Zeit eingeschaltet werden kann.

Figur 3. An die Schienen einer *Drehstrom*zentrale für Stern- oder Dreiecksschaltung (Bd. I, Taf. 4, Fig. 1, 2) sind unter Berücksichtigung möglichst gleicher Phasenbelastung Glühlampen, Bogenlampen und Motoren angeschlossen. Für die *Leitungsberechnung* ist zu berücksichtigen, daß bei W Kilowatt Gesamtleistung und e Volt-Spannung die Stromstärke in den 3 Leitungen bei Stromverkettung im Netz nicht $\frac{W}{e} = J$ sondern $= J \cdot \sqrt{3} = J \cdot 1{,}73$ ist; bezeichnen wir die Stromstärke in jeder Leitung d. h. $\frac{J}{3}$ mit i, so erhalten wir den Strom in einem Leiter $= \frac{J \cdot 1{,}73}{3} = i \cdot 1{,}73$; bei reiner Stern- oder offener Schaltung ist die Stromstärke wie erkenntlich $\frac{J}{3} = i$. Unter Voraussetzung induktionsfreier Stromkreise, ein Fall, der jedoch bei Zentralen nie vorkommen dürfte, erhalten wir den Querschnitt q für jede der Leitungen

$$\text{im ersten Fall } q = \frac{i \cdot 1{,}73 \cdot l}{60 \cdot p}$$

$$\text{im zweiten Falle } q = \frac{i \cdot l}{60 \cdot p},$$

wobei i bezw. $i \cdot 1{,}73$ die Stromstärke in einer Leitung, l die einfache Weglänge, 60 die Leistungsfähigkeit des Kupfers und p den Spannungsabfall in Volt bedeuten; ziehen wir hierzu die Gleichstromformel, bei der jede Leitung $q = \frac{i \cdot 2\,l}{60 \cdot p}$ ist, in Betracht, so sehen wir, daß sich die Querschnitte der einzelnen Leitungen zu den obigen wie 2 : 1, oder der Gesamtquerschnitt wie (2 × 2) : (3 × 1) = 4 : 3 verhalten.

Für die praktische Berechnung benützt man jedoch meistens die von Dolivo v. Dobrowolski eingeführte Formel: $q = \frac{2\,l \cdot W}{e^2 \cdot (cos\,\varphi^2) \cdot p}$, wobei l die einfache Weglänge, q der Querschnitt einer Leitung, e die Spannung zwischen 2 Leitungen, W die Watts, $cos\,\varphi$ den Winkel der Phasenverschiebung, p der Energieverlust in Prozent sind. Durch Vertauschen von p und q kann man bei gegebenem Querschnitt den prozentualen Wattverlust berechnen*).

Figur 4. Ein *Drehstromnetz mit Ausgleichsleitung* (Bd. I, Taf. 4, Fig. 3). Die Motoren werden mit der Hauptspannung E, die Beleuchtung mit der Phasenspannung $\frac{E}{2} : \sqrt{3}$ betrieben.

Wir haben bei der Beschreibung der Drehstromgeneratoren gesehen, daß die in den drei Phasen erzeugten + und — Ströme jederzeit gleich hoch sind, d. h. ihre Summe = Null ist, wodurch es möglich wird, alle drei Ströme hinter einem Verbrauchspunkt z. B. in den Endpunkten der Spulen eines Motors zu verbinden (siehe auch Taf. 19, Fig. 2). Ist daher eine Phase mehr belastet, so findet hier ein Spannungsabfall statt, der mit gewöhnlichen Hilfsmitteln nicht gehoben werden kann. Zu diesem Zwecke ist es gut, bei Netzen mit variabler Phasenbelastung die in der Zeichnung angegebene Schaltung vorzunehmen. Dieselbe ist jedoch ohne weiteres nur bei Generatoren mit offener Schaltung möglich, während bei geschlossener Schaltung ein künstlicher Nullpunkt geschaffen (ähnlich Taf. 84, Fig. 4b) bezw. die Anker der Generatoren umgeschaltet werden müßten. Die punktierte Null- oder Ausgleichsleitung entspricht demselben Zweck wie der Nulleiter im Dreileitergleichstromnetze und wirkt, wie aus der Figur zu ersehen, in derselben Weise.

Ist die Spannung in den Hauptleitungen z. B. 220 Volt, so ergibt sich die Phasenspannung mit $\frac{220}{2} \cdot 1{,}73 = 190$ Volt.

Tafel 5.

Figur 1. Die gebräuchlichsten Anordnungen der *Transformatoren und Leitungsnetze* bei Hochspannungskraftübertragungen sollen nachstehend kurz beschrieben werden. Die Figur 1 zeigt eine Wechselstromanlage, an deren Hochspannungsleitung parallel zueinander viele kleine Transformatoren T angeschlossen sind, die voneinander getrennte kleine Sekundärnetze speisen. (System Ziepernowski und Déri.) Der Belastungsausgleich findet daher nur

*) Näheres siehe Herzog und Feldmann: Berechnung elektrischer Leitungen in Theorie und Praxis.

im Hochspannungskreis statt. Bei Transformatordefekt wird ein Niederspannungsteil stromlos, die anderen bleiben ungestört.

Figur 2. Von dem *Drehstrom-Hochspannungsnetz* VV werden an verschiedenen der Belastung entsprechenden Punkten Transformatoren T gespeist, deren sekundäre Windungen parallel auf ein gemeinsames Niederspannungsnetz V_1 V_1 arbeiten (System Westinghouse). Die Belastung gleicht sich hierbei von selbst aus, jedoch ist vorausgesetzt, daß die Transformatoren sich in Windungszahl und Konstruktion vollkommen gleich sind. Jeder Transformator kann auf der Hoch- und Niederspannungsseite ausgeschaltet werden. Bei Kabeldefekt in der Hochspannung wird eine Strecke dort stromlos unbeschadet des Niederspannungsteiles, der von der Ringleitung versorgt wird.

Figur 3. Ein *Drehstromnetz* nach dem ersten Prinzip nur mit dem Unterschied, daß die Hochspannungsleitung nicht aus einzelnen Endleitungen besteht, sondern dieselbe in sich ausgeglichen ist. Die Drehstromtransformatoren sind bei dieser, wie bei der letzten Zeichnung mit einer Spule skizziert, während sie in Wirklichkeit drei Spulen haben; für die Leitungen des Dreileitungsnetzes ist die übliche Bezeichnung gewählt. Jede Strecke kann in der Hochspannung ausgeschaltet werden, wobei jedoch auch die Niederspannungsseite stromlos wird.

Figur 4. Die Firma „Siemens & Halske“ führte bisher das Leitungsnetz derartig aus, daß sie von der Zentrale in die einzelnen Konsumgegenden Leitungen entsendet, an deren Endpunkten *größere Transformatoren* aufgestellt werden, welche *für einen ganzen in sich abgegrenzten Distrikt* Niederspannung liefern. Die einzelnen Netzteile lassen sich leicht regulieren, während anderseits bei Betriebsstörungen der ganze Distrikt ohne Strom ist.

Tafel 6/7.

Als Beispiel für ein *größeres städtisches Drehstromverteilungsnetz* wollen wir das auf der Tafel wiedergegebene Schema des Kabelnetzes des *Elektrizitätswerkes Mainz* aufführen, welches von der früheren Firma E.-A.-G vorm. Schuckert & Co. gebaut ist.

Von der etwas unterhalb Mainz am Rhein errichteten Zentrale aus führen 5 Speiseleitungen, welche in einen gemeinsamen Kabelgraben verlegt sind, zu einer an der Peripherie in der Stadt errichteten Umschaltestation. Dieselbe ist derart eingerichtet, daß jede der von der Station ausgehenden Leitungen mit jeder der Zuführungsleitungen verbunden werden kann. Auf diese Weise ist es möglich, für eine defekt gewordene Leitung irgend eine andere derselben Phase oder auch mehrere derselben zur Stromlieferung zu benutzen.

Von der Umschaltestation führen die fünf Speiseleitungen weiter zu vier über das Stadtgebiet entsprechend verteilten Hauptspeisepunkten, an welche sich ein zusammenhängendes Hochspannungsnetz anschließt. An dieses Netz sind an 37 Stellen Transformatoren angeschlossen, welche die Spannung von 3200 auf 120 Volt herabsetzen und ein ebenfalls zusammenhängendes Niederspannungsnetz speisen. Lampen und kleinere Motoren sind an das Niederspannungsnetz angeschlossen, größere Motoren haben ihre eigenen Transformatoren mit einer sekundären Spannung von 500 Volt, und ein Motor von 100 PS, welcher in einem städtischen Betriebe arbeitet, ist mit einer eigenen Leitung direkt an die Sammelschienen in der Zentrale angeschlossen. Alle Leitungen bestehen aus unterirdisch verlegten, dreifach verseilten eisenbandarmierten Bleikabeln, und zwar entfallen auf Hochspannungskabel etwa 37000 m, auf Niederspannungs-Verteilungskabel ca. 48000 m, auf Prüfdrahtkabel 7360 m.

II. Abschnitt.

Schaltungen von Motoren.

Tafel 8.

Figur 1. Während die Dynamomaschine als Stromerzeuger dient, ist der Elektromotor dazu ausersehen, die an der Dynamomaschine erzeugte und ihm zugeführte elektrische Energie wieder in mechanische Arbeit umzusetzen. Die *Wirkungsweise des Elektromotors* beruht nun auf dem umgekehrten Dynamoprinzip, was durch obiges bedingt wird. Gleichzeitig sehen wir hieraus, daß ein von einer Kraftquelle angetriebener Gleichstrom-Elektromotor als Gleichstrom-Dynamomaschine verwendet werden kann und umgekehrt.

Betrachten wir uns nun Figur 1 und denken uns, wie Bd. I, Taf. 1, Fig. 1 beschrieben, zunächst nur die Magnete N und S von einer fremden Stromquelle erregt, so haben wir gesehen, daß nach dem Induktionsgesetz bei Rotation des Ankers oben ein Minus-, unten ein Plus-Pol entsteht. Wir können diese Stromrichtung jedoch noch anders feststellen. Die bei Drehung des Ankers in demselben induzierten Ströme machen seinen Kern zu einem Magneten, und zwar müssen die Pole des letzteren so liegen, daß sie der Drehung einen Widerstand entgegensetzen und mechanische Antriebskraft verbrauchen. Es muß demnach in dem gegen den Nordpol gedrehten Ankerkern ein Nordpol, in dem gegen den Südpol gedrehten ein Südpol entstehen. Umgekehrt wird der von der Mitte des Pols sich entfernende Teil zurückgehalten und daher entsteht in den entsprechenden Ankerteilen bei S ein Nordpol und bei N ein Südpol. Wir sehen daher, daß der Anker in wagerechter Richtung durchschnitten unten einen Nordpol oben einen Südpol erhält. *Die magnetischen Punkte des Ankers fallen nach dem Gesagten mit dem „Neutralen Punkt“ zusammen.* Durchschneiden wir nun den Anker in senkrechter Richtung, so ist uns die Stromrichtung durch diese Ankerpole, und die Richtung der Drahtwindungen nach dem Ampèreschen Gesetz gegeben, und wir erhalten unten einen negativen, oben einen positiven elektrischen Pol.

Führen wir nun in den zwischen den Magneten N und S liegenden Anker einen Strom derartig, daß die Zuleitungen an die gleichnamigen elektrischen

Pole gelegt werden, so fließt der Strom vom Plus-Pol durch beide Ankerhälften zum Minus-Pol. Durch die Umkehrung der Induktionsregel ist aber jetzt die Drehrichtung bestimmt. Die Umkehrung lautet: *Denkt man sich, das Gesicht stets der Kraftlinienrichtung zugewendet, so auf dem Anker liegend, daß der Strom die Windungen in der Richtung des ausgestreckten rechten Armes durchfließt, so rotiert man mit dem Anker mit den Füßen voran.* Der Anker würde demnach auch als Motor entgegen der Pfeilrichtung rotieren. Wenden wir jetzt zum Vergleich die oben beschriebene Methode zur Feststellung der Drehrichtung an, und lassen den zugeführten Strom wie vor vom Plus- zum Minuspol durch den Anker fließen. Nach der Ampèreschen Regel erhalten wir jetzt an den neutralen Punkten des Ankers in dessen Kern unten einen Nord- und oben einen Südpol, wie bei der Dynamo. Da nun der Motor aber auch entgegengesetzt der Dynamo elektrische Energie verzehrt und in mechanische Arbeit umsetzen soll, bewegt sich der Anker so, wie es durch die Anziehung und Abstoßung des Ankerkernes von dem Magnet N und S bedingt wird. Der im Anker oben befindliche Südpol wird vom Magnetnordpol, der im Anker unten befindliche Nordpol vom Magnetsüdpol angezogen, dagegen der obere Ankersüdpol vom Magnetsüdpol, der untere Ankernordpol vom Magnetnordpol abgestoßen. Die Drehrichtung ist daher entgegengesetzt wie bei der Dynamo, in der Richtung des Pfeils, wie bereits erwähnt.

Bei den Betrachtungen über Drehrichtung der Motoren haben wir daher, wie bei den Dynamomaschinen, die Ströme in den Magnetwicklungen zu berücksichtigen, welche lt. Zeichnung umgekehrt wie bei der Dynamo (Bd. I, Taf. 1, Fig. 1) ist. Die Drehrichtung des Ankers wird daher nach obigem auch entgegengesetzt, wenn dem + und —Pol einer Dynamo die gleichnamige Energie zum Betrieb als Motor zugeführt wird. *Der Hauptstrommotor läuft daher in umgekehrter Richtung wie seine Hauptstromdynamo bei gleicher Wicklung und Schaltung beider.* Anders dagegen beim Nebenstrommotor.

Figur 2. Soll die Figur 2 angeführte Nebenschlußdynamo als Motor laufen, und führen wir in die Leitungen, die als Dynamobetrieb + und — waren, gleichpoligen Strom zu, so erkennen wir, daß die Magnetpole dieselben bleiben, die Ankerpole sich jedoch vertauschen, woraus nach dem Gesagten folgt, daß die Drehrichtung auch dieselbe bleibt wie als Dynamo. *Der Nebenschlußmotor läuft also stets in derselben Richtung wie seine Nebenschlußdynamo bei gleicher Wicklung und Schaltung beider.*

Figur 3 u. 3a. In vorstehendem haben wir gesehen, daß durch Schwächung des Stromes im Magnetfelde der Anker zur Überwindung der elektromotorischen Gegenkraft eine höhere Tourenzahl annehmen muß, weil die Zahl der geschnittenen magnetischen Kraftlinien geringer wird. Diese Schwächung des

Magnetfeldes kann man nun einmal durch Verringerung des Magnetfeldstromes, ein andermal aber durch Entfernung der Magnete voneinander erreichen. Infolgedessen hat man neuerdings *Motoren* konstruiert, *bei welchen auf mechanischem Wege die Eisenkerne der Feldmagnete zur Erreichung einer Regulierfähigkeit verstellbar sind**).

Diese Regulierungsart hat den Vorteil, daß bei Vergrößerung des Luftzwischenraumes und infolgedessen Erhöhung der Umlaufzahl des Motors die Zahlen der Ampèrewindungen, welche für die Induktion im Luftzwischenraum aufzuwenden sind, im Gegensatz zur reinen Nebenschlußregulierung größer werden, was auf den funkenfreien Gang infolge der Aufhebung der Ankerreaktion von günstigem Einfluß ist. Außerdem bietet diese Methode die Möglichkeit die Umdrehungszahl durch die Nebenschlußstromregulierung noch weiter zu erhöhen. Die konstruktive Anordung eines solchen Motors ist durch zwei Schnitte angedeutet.

Figur 4. Die *Bergmann* Elektrizitätswerke A.-G. erreichen eine weite Regulierungsänderung bei ihrem *„Tandemmotor“* auf folgende Weise. Ein Gleichstromnebenschlußmotor N ist mit einem Hauptstrommotor H auf einer Welle zweigläufig gekuppelt. Die Anker sind von einem gemeinsamen Magnetgehäuse umgeben, jedoch können die Maschinen auch einzeln gebaut und dann gekuppelt werden; dabei ist es durchaus nicht erforderlich, daß beide Maschinen gleichmäßig an der Leistung teilnehmen, vielmehr wird es sich in gewissen Fällen empfehlen, den Anker des Hauptstrommotors für das doppelte und dreifache Drehmoment des Ankers des Nebenschlußmotors zu wählen. Die verschiedenen Schaltungen der Anker und Magnetfelder, welche durch einen Regulierwiderstand bezw. Kontroller hergestellt werden, zeigen Fig. 4a—g. a ist die Anlaßschaltung, bei welcher die Nebenschlußerregung n und die mit den beiden Ankern H und N sowie einem regelbaren Vorschaltwiderstande AW in Serie geschaltete Hauptstromerregung h parallel an das Leitungsnetz angeschlossen sind. Zu dem Anker N ist außerdem ein Regulierwiderstand RW parallel geschaltet, welcher eine Bremsung des Motorankers N bedingt. Beim Anlassen wird zunächst der Widerstand RW allmählich erhöht und wie in Fig. b angedeutet, zuletzt ganz ausgeschaltet. Zur weiteren Geschwindigkeitserhöhung wird alsdann der Widerstand AW allmählich verkleinert und schließlich auch ganz ausgeschaltet (Fig. c). In der folgenden Kontrollerstellung wird die Erregung n allmählich durch Vorschalten von Widerstand NW geschwächt. Bei völligem Ausschalten dieses Erregerstromkreises wird gleichzeitig Anker N kurzgeschlossen, sodaß die Hauptstromseite vorübergehend allein unter Strom steht (Fig. d). Weiter wird (Fig e) der Anker H in Serie mit der Erregungswicklung h und der Anker N parallel mit Erregungs-

*) Näheres s. ETZ. 02. Seite 235.

wicklung n an das Netz angeschlossen, wobei bei N wieder der Anlasser AW vorgeschaltet ist. Gleichzeitig mit der Verkleinerung und Ausschaltung von AW wird zur Hauptstromerregung h ein Regulierwiderstand W (Fig. f) parallelgeschaltet. Dieser führt eine Schwächung des Hauptstromfeldes herbei und erhöht bei stufenweisem Verkleinern die Tourenzahl. Die höchste Tourenzahl wird endlich dadurch erreicht, daß auch die Nebenschlußerregung n durch allmähliches Wiedereinschalten des Regulierwiderstandes NW geschwächt wird, wie in Fig. g angedeutet.

Tafel 9.

Figur 1. In nachstehenden zwei Tafeln wollen wir Gleichstrommotorwicklungen besprechen, welche von den vorstehenden einfachen Ausführungen in den letzten Jahren als Ergebnis des immer tiefer in das Wesen der Kommutierungsvorgänge vordringenden Studiums zu betrachten sind und in gewisser Weise dem Motoren- (und demgemäß auch Dynamo-)Bau ein ganz anderes Gepräge gegeben haben.

Es ist dies zunächst *die Dérische Kompensationswicklung*)*. Das wesentliche der Dérischen Kompensation besteht darin, die das Ankerfeld aufhebende Kompensationswicklung und die Feldwicklung, jede mit der entsprechenden Ampèrewindungszahl, an einem dem Drehstromstator nachgebildeten, also gleichmäßig um den Armaturumfang verteilten Eisenkörper anzuordnen. Es wird daher gleich einer zweiphasigen Wicklung am Stator die Kompensations- und die Erregerwicklung gelegt, wobei für die Erregerwicklungen je nach der Größe des Luftspaltes nur $1/3$ bis höchstens $1/2$ der Ampèrewindungen der Kompensationswicklung nötig sind.

Figur 1 zeigt ein Schema für eine 4polige Magnetfeldwicklung mit 48 Nuten. Die Erregerwicklung E umfaßt in jedem Polfeld 8 Nuten, wobei die inmitten des Feldes liegenden 4 frei bleiben, während die Kompensationswicklung C alle Nuten durchläuft, um nach Möglichkeit die von ihr und der Ankerwicklung erzeugten Felder gleichartig zu machen. In

Figur 2 ist das Schema eines 8poligen Magnetfeldes wiedergegeben, wobei die Erregerwicklung E nur 4 von 8 Polnuten einnimmt, während die Kompensationswicklung wieder durch alle Nuten geht.

Figur 3 zeigt schließlich einen Fall, wo die Kompensationswicklung C als aufgeschnittene Gleichstromwicklung ausgeführt ist und beide Wicklungsarten alle Nuten bedecken.

Die Kompensation wird nun jedoch speziell so ausgeführt, daß ihre Ampèrewindungszahl um ein bestimmtes Maß größer wie die Ankerampère-

---

*) S. a. ETZ. 02, S. 817. Eichberg: Über kompensierte Gleichstrommaschinen System Déri.

windungszahl des Ankers ist, so daß die Differenz dieser beiden Ampèrewindungszahlen ein Feld erzeugt (Kommutierungsfeld), das stets proportional dem Ankerstrom ist, welcher durch die Kompensationswicklung fließt, so daß es bei richtiger Wahl der Windungszahl der Kompensationswicklung möglich ist, ein für alle Belastungen richtiges Kommutierungsfeld zu erhalten.

Tafel 10.

Hand in Hand mit der Dérischen Kompensationswicklung des Stators geht die *Äquipotentialwicklung* des Ankers von Arnold*).

Äquipotentialverbindungen werden zuerst angewendet, um die Bürstenzahl bei mehrpoligen Maschinen unabhängig von der Pohlzahl auf zwei zu vermindern (s. a. Bd. 1, Taf. 2, Fig. 1).

Nehmen wir daher an, daß wir eine magnetisch und elektrisch völlig gleichmäßige Maschine haben, so lassen sich diejenigen Knotenpunkte, welche bei einer Umdrehung des Ankers dasselbe Potential behalten, untereinander verbinden und bleiben stromlos, solange keine Unregelmäßigkeiten auftreten; sobald jedoch in den einzelnen Ankerstromzweigen die induzierten Ströme verschieden sind, werden die Äquipotentialverbindungen die Ausgleichströme führen und die Bürsten entlasten, so daß die Funkenbildung beseitigt wird.

Bei jedem Anker mit parallelen Wicklungen ist nun natürlich die Zahl der Knotenpunkte bezw. diejenige der Kollektorlamellen, welche ein gleiches Potential haben, gleich der Polzahlpaare. Die Entfernung von zwei derartigen Lamellen gleich der Entfernung von zwei gleichnamigen Bürsten. In

Figur 1 geben wir nun ein Ankerwicklungsschema mit Wellenwicklung. Hierbei nehmen wir an, daß die magnetische Kraft aller Pole gleich ist sowohl bezüglich ihrer ganzen Wirkung als auch der Verteilung über die Polfläche. Die Entfernung des Drahtes *1* vom Draht *6* ist jetzt gleich der Polteilung zuzüglich bezw. vermindert um die Verschiebung im Felde. Wir können nun aber jetzt die gleiche elektromotorische Kraft des Drahtes *6*, welche z. B. von einem Nordpol induziert wird, auch hervorgebracht denken vom vorgehenden Pol, einem Südpol, dem Draht *1* gegenüberliegt, wenn wir Draht *6* an die korrespondierende Stelle vor den Südpol bringen, wo er vorher am Nordpol lag. Dann wird in ihm jedoch eine gleich große nur entgegengesetzt gerichtete elektromotorische Kraft erzeugt, wie vorher am Nordpol. Damit nun jedoch die Richtung dieser elektromotorischen Kraft gleich derjenigen des Drahtes *1* ist, müssen die Enden des Drahtes *6* bei der Verbindung mit Draht *1* und Kollektorlamelle *6* vertauscht werden. Hierdurch entsteht dann

*) Näh. s. ETZ. 02, S. 215 ff. Arnold: Theorie der Äquipotentialverbindungen der Anker von Gleichstrommaschinen.

Figur 2. *Das reduzierte Schema einer Spiralenwicklung.* In demselben ist also die Entfernung zweier Drähte gleich der Feldverschiebung von zwei aufeinander folgenden Drähten in Figur 1. Bei der Wellenwicklung ist es nun, wie aus der Figur hervorgeht, charakteristisch, daß sie um den Anker stetig fortläuft, so daß die Spulen gleichmäßig auf alle Pole verteilt werden. Wenn daher auch das Feld in sich nicht ganz gleichartig ist, können innere Ankerströme kaum auftreten, dagegen erscheinen zwischen benachbarten Lamellen eventuell größere Potentialdifferenzen als statthaft ist.

Bei gleichmäßiger oder symmetrischer Ankerwicklung werden daher eventuelle Unregelmäßigkeiten im Felde ohne weiteres von den Äquipotentialverbindungen ausgeglichen, bei ungleicher oder unsymmetrischer Ankerwicklung werden jedoch die Spannungsdifferenzen von benachbarten Kollektorlamellen, die sonst zu Funken Veranlassung geben würden, auch durch die Äquipotentialwicklungen ausgeglichen. Letztere bewirken daher einen Ausgleich von Spannungsdifferenzen zwischen benachbarten Kollektorsegmenten und Verteilung derselben über den ganzen Kollektor, Ausgleich der Feldstärken und damit Ausbalanzierung des Ankers im Felde und schließlich Ausgleich ungleicher Übergangswiderstände gleichnamiger Stromabnehmerbürsten. In

Figur 4 ist nun eine Figur 2 entsprechende unsymmetrische Wicklung mit Äquipotentialverbindungen gezeichnet, bei welcher die gegengeschalteten Spulen nicht in genau demselben Felde liegen, so daß innere Ströme entstehen können. Wegen der unsymmetrischen Wicklung werden hier daher nicht gegenüberliegende Punkte, sondern solche verbunden, die gegen dieselbe im Felde verschoben sind $a_1 — a$, $b_1 — b$, $c_1 — c$.

Figur 3. Wesentlich einfacher gestaltet sich die *Äquipotentialwicklung bei gewöhnlicher Schleifenwicklung im Anker mit Parallelschaltung.* Der 4polige Anker der Figur sei z. B. im Felde unsymmetrisch gelagert, d. h. ungleich vom magnetischen Felde beeinflußt, so daß in den vier Ankerstromzweigen ungleichgroße elektromotorische Kräfte erzeugt werden, deren algebraische Summe jedoch gleich null ist, weil die Wicklung in sich gleichartig ist.

Der Mittelwert der vier elektromotorischen Kräfte, der sich aus der Summe ergibt, ist nun gleich der elektromotorischen Kraft, welche bei gleichartiger Wickelung und gleicher Feldstärke in jedem Stromzweige erzeugt wird. Wenn wir daher diese Mittelwerte von den einzelnen wirklichen elektromotorischen Kräften abziehen, bleiben uns die elektromotorischen Kräfte übrig, um welche die Wirkung der Feldstärken verschieden ist, und von denen sich zwei in einer Armaturhälfte addieren, während die Mittelwerte sich gegenseitig aufheben.

Ist nun diese Differenzwirkung gleichmäßig über die Ankerwicklung verteilt und hat die Richtung von B nach A über C und D, wobei also in der

unteren Ankerwicklung die elektromotorischen Kräfte größer sind als in der oberen, so nehmen die hierdurch erzeugten Ströme ihren Lauf über die positiven Bürsten *A* und *B* und erzeugen an denselben Funken. Jetzt verbinden wir jedoch *A* und *B* durch einen starken Draht ohne merklichen Widerstand und heben die Bürsten, so wird der obige Ausgleichstrom durch diesen Draht fließen. Legen wir die Bürsten wieder auf, so werden sich auch jetzt keine Funken bilden, sobald der Übergangswiderstand an den Bürsten höher ist als der Widerstand im Verbindungsdraht. Der letztere ist daher stets genügend stark zu bemessen. Da nun der Anker rotiert, müssen natürlich viele solcher Querverbindungen gemacht werden, damit der Ausgleichstrom stetig innerhalb des Ankers fließen kann, wobei jedoch derselbe stets nur zwischen *A* und *B* fließen wird, da sich die von den nebenliegenden Wicklungen erzeugten Ströme in der übrigen Verbindung gegenseitig aufheben, wie in der Figur ersichtlich.

Die Äquipotentialverbindungen gleichen daher die aus unsymmetrischem Felde herrührenden Wirkungen innerhalb des Ankers aus, sodaß die Bürsten funkenlos laufen, und geben den Ausgleichströmen mehrere Wege geringen Widerstandes, sodaß diese Ströme verstärkt, die ausgleichenden Rückwirkungen auf das Magnetfeld vergrößert und der Anker im magnetischen Felde besser ausbalanziert wird, wodurch wiederum im Anker die Spannungsdifferenzen geringer werden. Schließlich gleichen dieselben auch die auftretenden Kommutierungsströme aus.

Tafel 11.

Figur 1. Nach diesen einleitenden Worten über Motoren an sich kommen wir zu den Schaltungen der Motoren im Leitungsnetz.

Der gezeichnete *Hauptstrommotor HM* mit der Magnetwicklung *Ma* wird hinter den Sicherungen *SS* über einen Hebelausschalter *H* und einen Widerstandsregulator *AW* an das Leitungsnetz angeschlossen. Mit *AW* wird der Motor angelassen. Geschähe das Einschalten ohne einen Widerstand, so würde der Strom in der Ankerwicklung, die bei Stillstand nur einen geringen Widerstand besitzt, zu hoch anwachsen und die Wicklung beschädigen. Anker- + Magnet- + Gesamtwiderstand von *AW* (auf erstem Kontakt) muß daher so groß sein, daß die Stromstärke die normale Belastung für die Drähte nicht übersteigt. Läuft jetzt der Motor an, so erhöht sich in den Windungen der Widerstand mit wachsender Tourenzahl, zufolge der höheren Zahl der geschnittenen Kraftlinien bezw. der im Anker erzeugten Gegenspannung und *AW* wird allmählich kurz geschlossen; der Motor nimmt jetzt eine solche Umdrehungszahl an, daß er eine ungefähr der Netzspannung gleiche Spannung erzeugen kann. (Gegenspannung oder elektro-motorische Gegenkraft.) *Da beim Hauptstrom oder Serienmotor die Magnetstärke mit der Ankerstromstärke und*

der Belastung steigt, ist die dadurch entwickelte Anzugskraft sehr groß. Weil jedoch bei Entlastung des Motors auch die Felderregung abnimmt, muß er hierbei eine viel höhere Tourenzahl annehmen, um bei dem schwachen magnetischen Felde die oben erwähnte Gegenspannung im Anker hervorbringen zu können. Hieraus ergibt sich, daß

1. der Hauptstrommotor bei größerer Belastung langsamer, bei geringerer Belastung schneller läuft,
2. derselbe nur dort zu gebrauchen ist, wo ein Laufen ohne Last ausgeschlossen ist, da sich die Tourenzahl sonst soweit steigern würde, daß der Anker infolge der Zentrifugalkraft platzt,
3. er da am Platze ist, wo eine hohe Anzugskraft gefordert und gleichzeitig Bedingung 2 erfüllt wird.

Man verwendet ihn daher hauptsächlich zum Antrieb von Druckerpressen, Ventilatoren, Lastenaufzügen, Kränen, Pumpen, Bahn- und Automobilwagen usw. Um seine Tourenzahl zu regeln, bedient man sich besonderer Schaltungen und Apparate *(Controller)* (Abschnitt III u. VII). Die Umkehrung der Drehrichtung geschieht in derselben Weise, wie die bei den Dynamomaschinen geschilderte Umkehrung der Stromrichtung.

Figur 2. Bei größeren *Motoren*, bei welchen der Metall-Widerstandsregulator zu umfangreich ausfallen würde, verwendet man einen *Flüssigkeitsanlasser FlA.* Dieser besteht aus einem eisernen Gefäß *Fl*, welches mit der einen Leitung *L* verbunden ist. An *Fl* befindet sich ein Hebelarm mit isoliertem Handgriff und einem durch *J* von ersterem isolierten eisernen Kreissektor. Dieser ist mit einem auf *Fl* befestigten isolierten Anschluß, zu dem die zweite Leitung *L* führt, leitend verbunden. Mit der Kontaktplatte ist ein kleines Kontaktmesser verbunden, das nach gänzlichem Eintauchen der Eisenplatte in den Federkontakt *C* greift und so eine direkte Verbindung von *LL* herstellt. *Fl* wird zur Isolierung von Erde gewöhnlich in ein Holzgestell mit Isolierfüßen gesetzt. Zur Füllung benutzt man eine dem jeweilig notwendigen Widerstande entsprechende Soda- oder Pottaschelösung; auch Flockengraphit soll gute Dienste tun. Damit die Flüssigkeit nicht „hinüberkriecht“, bestreicht man den oberen Rand von *Fl* mit einer Fettsubstanz z. B. Wachs oder Paraffin.

Figur 3. *Der Nebenschlußmotor hat* infolge der stets gleichmäßig starken Erregung des Feldes eine auch bei wechselnder Belastung sich *stets gleichbleibende Tourenzahl.* Zwischen „leer“ und „voll“ beträgt die Tourendifferenz höchstens ca. 4 % und wird durch „Ankerreaktion“ d. h. Induktions-Rückwirkungen der Ankerwindungen auf das magnetische Feld hervorgerufen. Der Nebenschlußmotor kann daher Überlastungen ohne Gefahr für den Anker

weniger gut anziehen, als der Hauptstrommotor, worauf Rücksicht zu nehmen ist. Im allgemeinen ist er jedoch infolge der erwähnten konstanten Tourenzahl und leichter Regulierung derselben durch Änderung des magnetischen Feldes der weitaus gebräuchlichste Motor.

Der zum *Anlassen des Nebenschlußelektromotors NM* dienende Anlaßwiderstand *AW* ist in der gezeichneten Weise mit demselben verbunden und besteht aus zwei Reihen Schleifkontakten, auf welchen eine als Hebelarm ausgebildete Schleiffeder bewegt wird. *JJ* sind Isolationsstücke, *M* Verbindungspunkt der Magnetwicklung des Nebenschlusses des Motors mit dem Anlasser, *N* Netzanschluß, *A* Ankeranschluß. Dreht man nach Schließen des Ausschalthebels bei *H* den Schleifkontakt des Anlassers nach rechts, so wird über zwei Widerstände zunächst das „Feld“ erregt, und darauf bei Weiterrücken der vor dem Anker liegende Widerstand allmählich bei zunehmender Tourenzahl des Motors ausgeschaltet. Läuft der Motor nicht auf den ersten 3—4 Kontakten des Ankerwiderstandes an, so ist derselbe falsch geschaltet bezw. defekt, oder überlastet, und es muß durch Andrehen der Maschine, die er treibt, nachgeholfen werden. Auf keinen Fall ist mit dem Hebel weiter zu gehen, da sonst sowohl der Anker wie die Zuleitung gefährdet sind bezw. die Sicherungen durchbrennen. Steigert sich bei Leerlauf des Motors die Tourenzahl allmählich immer mehr und mehr, so liegt dies daran, daß das Feld des Motors nur einseitig oder überhaupt nicht erregt ist (vgl. Taf. 11, Fig. 1), wobei der Motor zur Erreichung der Gegenspannung im Anker unstatthafte Tourenzahl annehmen muß. Die Widerstandsspulen von *AW* sind nur für vorübergehende Belastung bemessen, daher dient *AW* nur zum Anlassen des Motors.

Tafel 12.

Figur 1. Über die Anker-Drehrichtung der Nebenschlußmotoren haben wir das Hauptsächlichste schon in Taf. 11, Fig. 2 erfahren und gesehen, daß dieselbe gleichgerichtet dem Lauf der Nebenschlußdynamo ist. Bei der Besprechung der Dynamomaschinen (Bd. I, Taf. 1) erfahren wir, wie wir die Maschine bei anderer Drehrichtung zu schalten haben; da nun beide, Dynamo wie Motor gleich gebaut sind, bezw. eine für die andere gesetzt werden kann, haben wir zur *Änderung der Drehrichtung eines Motors* genau dieselben Handgriffe zu tun. Das einfachste ist, man kehrt die Stromrichtung im Anker um, indem man die Bürsten um 180° (oder 90° usw. bei vier- und mehrpoligen Maschinen) verschiebt, oder man ändert die Nebenschlußwindunganschlüsse wie die Zeichnung zeigt. Bei Kupferbürsten oder nicht achsial aufliegenden Kohlenbürsten hat man solche natürlich entsprechend umzusetzen.

Figur 2. *Soll* bei Schadhaftwerden der Nebenschlußwicklung *M* oder auch sonstigen Störungen *der Anlasser sich selbst ausschalten,* so legt man einen Elektromagneten *EM* in den Nebenschlußstromkreis. Dieser Magnet hält den von einer Spiralfeder *Sp* zurückgezogenen eisernen Einschalthebel fest, so lange der Nebenschlußkreis oder ganze Stromkreis nicht unterbrochen ist. Tritt in einem von beiden aber eine Störung ein, so läßt *EM* los und der Hebel schnellt zurück. Ein weiterer Vorzug des Anlasser *AW* ist aber noch der, daß die Nebenschlußschiene mit dem ersten Kontakt des Ankerstromwiderstandes verbunden ist — die Einschaltung von Nebenschluß und Anker erfolgt daher gleichzeitig, — wodurch ein geschlossener Stromkreis: Magnetwindungen, Anker, Ankerwiderstand, Nebenschlußschiene, Elektromagnetwindung, Induktions- bezw. Schutzspule entsteht, so daß der sich beim Öffnen des Anlassers in den Magnetspulen bildende Selbstinduktions- oder *Extrastrom,* der die Isolation durchschlagen kann, *schadlos verläuft,* wobei besonders noch die Induktionsspule mitwirkt. In ähnlicher Konstruktion kann der Anlasser auch für Ausschaltung bei minimalem oder maximalem Strom eingerichtet werden. Die Eigenschaft der ersteren Anlasser ist die, daß sich der Motor bei Betriebspausen in der Stromlieferung von selbst abschaltet, und daher bei Wiederaufnahme des Betriebes stets ausgeschaltet ist, während beim zweiten der Motor auch nie überlastet werden kann. (Übrigens gewähren die Sicherungen wenn richtig bemessen ebenfalls einen hinreichenden Schutz.) Die Konstruktion dieser Anlasser ist ähnlich den beschriebenen, nur, daß der Ankerstrom ebenfalls eine (Hauptstrom-) Spule umfließt, welche bei Überschreitung der maximalen Stromstärke einen kleinen Eisenanker anzieht, welcher hierauf zwei Kontakte berührt, wodurch die Magnetspule kurzgeschlossen und unmagnetisch wird. Infolgedessen springt der Anlaßhebel zurück, da er nicht mehr festgehalten wird.

Figur 3. *Die* Anwendung von *größeren Nebenschlußmotoren* erfordert die Trennung von Anker und Nebenschlußstrom; für ersteren verwendet man den bei Taf. 11, Fig. 2 beschriebenen *Flüssigkeitsanlasser FlA,* während für letzteren ein gewöhnlicher Nebenschlußregulator *NR* oder ein kleiner Magnetschalter dient. Die Anwendung von *NR,* wie Figur zeigt, gestattet einmal ein Erhöhen der Tourenzahl durch Schwächung des Magnetfeldes (s. Taf. 11, Fig. 1 und 3), das andere Mal schließt der Hebel von *NR* den Nebenschluß *M* kurz, so daß der *Extrastrom* (s. o.) gefahrlos verlaufen kann. In der gezeichneten Stellung von *AW* und *FlA* würde *A* höchste Tourenzahl erreichen.

Tafel 13.

Figur 1. Die *Kombination eines Anlaßwiderstandes mit* der letzthin in Figur 3 erwähnten *Tourenerhöhung* zeigt *AW* mit *R.* Wenn der Anker ganz

eingeschaltet ist, steht der Hebel des Anlassers auf normal; der Nebenschluß M des Motors ist dann voll erregt. Geht man nun weiter, so schaltet man vor die Magnetwicklungen Widerstand vor, wodurch, wie mehrfach erwähnt, das Magnetfeld geschwächt und die Umdrehungszahl von A erhöht wird. Man pflegt jedoch bei normalen Nebenschlußmotoren mit der Tourenerhöhung nicht über 20 % der normalen zu gehen, da der Motor infolge innerer Armaturwirkungen nicht mehr funkenlos läuft*).

Anlaßwiderstand AW und Hebelausschalter H sind übrigens stets in verschiedenen Polen eingesetzt, damit der Motor zweipolig ausgeschaltet ist und nicht einerseits unter Strom steht. Neuerdings baut man auch wie erwähnt Motoren (s. Taf. 8, Fig. 3) mit senkrecht zum Anker beweglichen, bezw. verschiebbaren Magneten, wodurch bei Näherstellung derselben das Feld verstärkt, bei Entfernung geschwächt wird, wodurch man einmal ein langsameres, das andere Mal ein schnelleres Laufen des Motors erzielt.

Figur 2. Um nun *gleichzeitig* einen Nebenschlußmotor *über wie unter* seine *normale Tourenzahl regulieren* zu können, erhält der Anker Widerstand vorgeschaltet; der Anker hat dann nur eine Gegenspannung zu erzeugen, welche um soviel niedriger ist, als die Spannungsvernichtung im Widerstand beträgt, und läuft daher langsamer. Man geht hierbei bis Herunterregulierung auf 50 % der normalen Umdrehungszahl. Dieser Widerstand wird, wie gezeichnet, an den zwischen normal und niedrig liegenden Kontakten des Schleifringes angeordnet und ist für dauernden Stromdurchgang berechnet. Ein derartiger Anlasser gestattet also eine Regulierung von 20 % nach oben und 50 % nach unten, was bei den meisten vorkommenden Fällen vollkommen genügt. Die Regulierung unter die normale Tourenzahl geschieht allerdings auf Kosten an Stromverlust, da der vorgeschaltete Widerstand die verzehrte Energie in Wärme umsetzt.

Figur 3. Soll ein *Nebenschlußmotor* nun *zum Einschalten in beliebiger Drehrichtung* eingerichtet werden, was zur Vermeidung eines Vorgeleges mit gekreuztem und geradem Riemen bei Maschinen mit wechselnder Drehrichtung

*) Auf die weitere Besprechung und Schaltung der neuen im Prinzip Taf. 9 und 10 schon näher besprochenen Nebenschlußmotoren mit Dérischer Kompensations- und Äquipotentialwicklung von Arnold, welche mit fast ganz beliebigen Tourenzahlen und besonders sehr hohen gebaut werden können, weil durch die obigen Wicklungen die Ankeraktion völlig aufgehoben wird und die Motoren daher stets funkenlos laufen, können wir hier nicht näher eingehen und verweisen auf die diesbezüglichen Abhandlungen in der ETZ. 02, S. 817 und 215. Gesagt soll hier nur werden, daß diese Motoren nur durch Schwächung des Nebenschlußstromes bis zur sechsfachen Tourenzahl der normalen bei einem Kollektor, oder bei zwei Kollektoren mit getrennten Ankerwicklungen in Hintereinanderschaltung bis zur sechsfachen, bei Parallelschaltung bis zur zwölffachen gesteigert werden kann. Die patentierte Schaltung, die u. a. von der Helios E.-A.-G. als Lienzträgerin ausgeführt wird, gestattet daher diese enorme Regulierfähigkeit ohne jeden Kraftverlust nur durch Regulierung der Nebenschlußstromstärke.

(Rührwerke, Mischmaschinen, Personenaufzüge usw.) notwendig wird, so ordnet man den Anlasser als *Umkehranlaßwiderstand UAW* in der Weise an, daß durch die Drehung des Hebels *H* nach rechts oder links der Nebenschluß des Motors umgekehrt wird. An der schwarzen Stelle des Hebels ist der obere Teil vom unteren isoliert. Schalten wir den Hebel nach oben rechts, so fließt der Strom durch Hebelausschalter *H*, Schleifhebel *H* nach unten, weiter nach 1) C_3, durch den Nebenschluß in Richtung *r*, nach C_2 über den oberen Teil des Hebels, über Schiene *C* zum —Pol des Netzes, 2) über *AW* durch den Anker zum —Pol, in der entgegengesetzten Stellung wieder gemeinsam nach dem unteren Teil des Schleifhebels *H* und teilt sich 1) in den Ankerstrom, der in gleicher Richtung wie vorher dem —Pol, 2) in den Magnetstrom, der über C_4, durch die Magnete in der Pfeilrichtung *l*, über C_1, *C* dem —Pol zufließt. Die Drehrichtung wird daher in diesem Falle entgegengesetzt wie im ersteren sein.

Tafel 14.

Figur 1. Ebenso wie die Kompounddynamomaschine eine Kombination der Haupt- und Nebenschlußdynamo ist, ist *der Kompoundmotor* die Vereinigung dieser Motoren und wird demzufolge die Eigenschaften beider Motore in abgeschwächtem Maße gemeinsam haben.

Die Anwendung von Haupt- und Nebenschlußwicklung der Magnetschenkel kann am Motor nun derart getroffen sein, daß die Hauptwicklung mit der Nebenschlußwicklung in gleichem Sinne arbeitet, d. h. diese verstärkt, oder aber ihr entgegenarbeitet und sie schwächt. Hierbei ist es übrigens gleichgiltig, ob der Nebenschluß nur parallel zum Anker oder parallel zur Anker plus Magnet-Hauptwicklung liegt. Je nachdem dieser Motor nur speziell für *große Anzugskraft oder* für *gleiche Tourenzahl* eingerichtet sein soll, wird man ihm mehr Hauptstromwindungen oder mehr Nebenschlußwindungen geben. Eine vollständig gleiche Tourenzahl läßt sich erreichen, wenn man die beiden Wicklungen einander entgegenarbeiten läßt. Hierbei wird jedoch durch die hohe Stromstärke der der Nebenschlußwicklung entgegenarbeitenden Hauptwicklung beim Anlassen des Motors das Magnetfeld ev. so geschwächt, daß der Motor mit Last überhaupt nicht angeht. Bei den am meisten gebräuchlichen Kompoundmotoren soll hauptsächlich eine hohe Anzugskraft vorhanden sein, und läßt man daher meistens ca. 15 % Tourenschwankungen zu. Die beiden Magnetwicklungen arbeiten dann in gleichem Sinne miteinander.

Das Ingangsetzen eines Kompoundmotors geschieht mit Hilfe des gleichen Anlaßwiderstands, wie wir ihn beim Nebenschlußmotor kennen gelernt haben, nur daß der Widerstand, der dort für den Anker bestimmt war, hier als *HA Hauptstromanlaßwiderstand* verwendet wird. *SS* sind die Sicherungen.

Man kann den Motor jedoch auch mit Hilfe eines einfachen Hauptstromregulators, wie Figur 1a zeigt, in Betrieb setzen. Diese Schaltung eignet sich jedoch nur für Motoren mit gleich gerichteter Magnetwicklung, weil die Nebenschlußwicklung durch den Widerstand mit geschwächt wird und dadurch bei entgegengesetzter Schaltung das Anzugsmoment vermindert würde.

Figur 2. Durch Erweiterung und Kombination der Tafel 12, Fig. 2 beschriebenen Anlasser mit Selbstausschaltung kann man nun für beliebige Verhältnisse erforderliche Anlasser herstellen, so z. B. einen *„Anlasser für eine Drehbrücke mit automatischer Selbstsperrung einer Drehrichtung und automatischer Ein- und Ausschaltung“*. Die Achse des Motors M treibt direkt gekuppelt die Schnecken Sch_1 und Sch_2 an, von denen die erste über Schneckenrad AS die Arbeit auf die zu bewegende Brücke überträgt, während Sch_2 ein Schneckenrad Z bewegt, das mit einem Nochen die Kontakte C_1 oder C_2 schließt. Durch dies Kurzschließen der Kontakte wird entweder $M_1 a_1$ oder $M_2 a_2$ kurzgeschlossen, so daß beim Drehen des Anlaßhebels h ein Eisenkern in den unteren Ausschnitt eingreift und der Hebel nicht weitergedreht werden kann. Die Drehung des Hebels h kann also nur nach der Seite erfolgen, bei welcher einer der Kontakte C_1 oder C_2 offen ist und dementsprechend $M_1 a_1$ oder $M_2 a_2$ die Hebelarretierung lösen und den Hebel h in der Endstellung festhalten. Jetzt läuft der Motor so lange nach dieser Richtung, bis Z den entsprechenden Kontakt (C_1 oder C_2) schließt und hierdurch den Strom im Magnet unterbricht und „Hebel“ h freiläßt. Dieser schnellt jetzt durch Federkraft in die Nullage und kann jetzt nur nach der entgegengesetzten Drehrichtung gedreht werden, da der Arretierungsanker frei ist und ein Einschalten nach derselben Richtung verhindert. Steht jedoch die Brücke — wie in der Zeichnung — in halbgeöffneter Stellung, so kann dieselbe nach beliebiger Richtung gedreht werden, da die Kontakte C_1 C_2 beide offen. In Station A und B sind nun ferner die Hebelschalter H_1 H_2 angebracht. Wird einer derselben geschlossen, so ist ein Ingangsetzen des Antriebsmotors M überhaupt unmöglich, da durch dieselben M_1 a_1 und M_2 a_2 gleichzeitig kurzgeschlossen werden. Die Brücke kann daher nur im Einverständnis der beiden Stationen A und B geöffnet werden.

Tafel 15.

Figur 1. Es kann nun auch der Fall in der Praxis eintreten, daß ein *Nebenschlußmotor zeitweilig als Dynamo* laufen soll oder umgekehrt, wenn z. B. eine Sauggasanlage einen Betrieb treibt und eine Dynamo M zur Lichterzeugung dient und an den Sauggasmotoren eine Störung eintritt, so daß der Strom für Kraft und Licht aus dem vorhandenen Stadtleitungsnetz entnommen werden muß.

Gewöhnlich arbeitet Motor M mit kurzgeschlossenem Anlasser AW und Hilfe von Nebenschlußregulator NR auf Licht (Glühlampen), wobei HU auf Licht und $HU\,3\,p$ ebenfalls auf Licht eingeschaltet ist. Steht die Betriebsmaschine still und soll noch Licht gebraucht werden, so wird HU ausgeschaltet und $HU\,3\,p$ auf das Stadtnetz (3 Leiter) geschaltet. Soll nun bei Maschinendefekt der Motor als Antriebsmaschine laufen, so wird derselbe (da er halbe Stadtnetzspannung haben muß, um die Dreileiterlichtanlage als Dynamo speisen zu können) auf eine Hälfte des Stadtnetzes geschaltet, wobei zunächst AW (auf Kraft) ausgeschaltet und NR (auf Kraft) kurzgeschlossen sind. Jetzt wird AW allmählich kurzgeschlossen und der Motor erreicht seine Tourenzahl, welche jedoch geringer als diejenige als Dynamo ist. Wenn dies für den Betrieb gleichgültig ist, läßt man denselben so weiter laufen andernfalls kann man aber durch Schwächung des Magnetfeldes mit Hilfe von Nebenschlußregulator NR die Tourenzahl auf die gewünschte — der Dynamo gleiche — bringen.

Figur 2 zeigt einen *Umkehranlasser mit funkenloser Ausschaltung und magnetischer Sperrvorrichtung* (Dr. M. Levy), welche verhindert, daß der Motor M vor Stillstand in die andere Drehrichtung geschaltet wird, also auch keinen Strom als Dynamo wirkend mehr erzeugt. Die Umschaltung des Motors wird durch Änderung der Richtung des Ankerstromes bewirkt, indem der Schlitten a, welcher die Kontaktfedern, die C_1 und C_2 mit den 3 Kontaktsegmenten auf C_1 verbinden, durch einen Nochen des Anlasserhebels in die entsprechende Stellung gebracht wird. Der stets in gleicher Richtung verlaufende Nebenschlußstrom wird jedoch über Hebel c auf dem ersten Einschaltekontakt zunächst über Spule S geleitet, die einen Anker hochzieht und dann den Hebel nur nach einer Richtung drehen läßt, auf dem zweiten Kontakt wird diese Spule jedoch ausgeschaltet, da dieselbe entgegen den gewöhnlichen kleinen Magnetspulen bei Anlassern mit Minimalauslösung verhältnismäßig viel Energieverbrauch und den Nebenschlußstrom des Motors schwächen würde. Beim Ausschalten tritt dieselbe jedoch wieder in Funktion und zwar so lange, wie der Motor Energie verzehrt oder als Dynamo abgibt d. h. bis derselbe zum Stillstand gekommen ist.

Figur 3. Zwischen allen *Wechselstrommotoren* (ein- und mehrphasigen) haben wir zu unterscheiden:

1) Motoren, deren Feld konstant von einer fremden Gleichstromquelle erregt wird — *synchrone Motoren.*
2) Motoren, deren Feld vom Wechselstrom durchflossen wird und deren Anker nur durch die in ihm induzierten Ströme bewegt sind — *asynchrone (Induktions-) Motoren.*

Die *Synchronen Motoren* sind im Prinzip ebenso gebaut wie die Dynamomaschinen; das Magnetfeld ist konstant von Gleichstrom erregt, während in die Ankerwicklung durch die Schleifringe der Wechselstrom eingeführt wird. Der Anker kann jedoch erst seine Zugkraft entwickeln, wenn er seine volle Umdrehungszahl hat, und die induzierten Ankerpole mit den konstanten Magnetpolen in übereinstimmender Weise wechseln, d. h. der Motor „synchron“ läuft. Sobald jedoch der Motor z. B. durch Überlastung aus dem Synchronismus gebracht wird, bleibt derselbe stehen. Diese drei Gründe — fremde Erregung — Herbeiführung des Synchronismus vor Belastung — Stehenbleiben bei Überlastung — haben dem synchronen Wechselstrommotor eine weite Verbreitung unmöglich gemacht. Seine Verwendung beschränkt sich auf Anlagen, wo Gleichstrom zur Erregung vorhanden ist, in welchem Falle er jedoch noch eines asynchronen kleinen Motors bedarf, um auf Touren gebracht zu werden. Durch die von Ziepernowski getroffene Anordnung, mittels eines auf der Motorwelle angebrachten Kommutators für die Feldmagnete einen Teil des zugeführten Wechselstromes in Gleichstrom zu verwandeln, wurde allerdings erreicht, daß einmal die fremde Erregung fortfällt und anderseits der Motor ohne Belastung von selbst anläuft.

Aus den früheren Besprechungen bei den Gleichstromdynamomaschinen resp. Motoren ist es aber auch ersichtlich, daß jede mit Wechselstrom gespeiste Gleichstrommaschine in Gang kommen muß, da sich Anker und Magnetstrom gleichzeitig umkehren, und die Drehrichtung beibehalten wird. Infolge der schnellen Umkehrung des Stromes werden jedoch in den Magneten Wirbelströme erzeugt, die trotz Ausbildung der Magnete aus Lamellen den Wirkungsgrad sehr beeinträchtigen*).

Die Firma „Helios“, die sich als erste die Ausbildung von Ein- und Mehrphasenmaschinen hat angelegen sein lassen, hat in dieser Richtung hin bereits früher weitere Versuche gemacht und ist zu dem ihr patentierten, jetzt jedoch nicht mehr verwendeten Verfahren gekommen, wie Figur 2 zeigt:

Die auf dem Anker angeordneten Spulen sind nicht zusammenhängend, sondern getrennt und mit den diametral liegenden Spulen in Hintereinanderschaltung verbunden. Es wird aber nicht der ganze Anker benutzt, sondern nur immer derjenige Teil, welcher sich in der zur Entwicklung der größten Zugkraft günstigsten Stellung befindet, was durch Einstellung der Stromzuführung entsprechend verändert werden kann. Durch diese Anordnung wird der Anker allerdings umfangreicher, da seine Wicklungen immer nur zum Teil in Wirkung sind, jedoch werden gerade deshalb die früher erwähnten Mißstände gehoben. In der Figur sind die jedesmal in Aktion tretenden Windungen mit gleichen Zahlen bezeichnet. Die Stromzuführung geschieht durch die auf dem Kollektor schleifenden Bürsten *BB*.

*) Über kompensierte Asynchronmotoren siehe später.

Tafel 16.

Figur 1 zeigt nun in einfacher Weise die *Verbindung eines synchronen Einphasenmotors mit einer einphasigen Wechselstrommaschine.* Die Erreger der rotierenden Feldmagnete M werden von einer Gleichstromquelle gespeist und die im Anker oder Stator A der Wechselstrommaschine erzeugte elektrische Energie vom Stator des Motors aufgenommen. Ist nun die Drehrichtung des magnetischen Feldes des Generators linksherum, so dreht sich der Motor ebenfalls in gleicher Richtung, bleibt jedoch gegen die Stellung des Generators infolge der Schlüpfung etwas zurück wie in der Zeichnung durch den Pfeil angedeutet.

Figur 2. In Tafel 15 Fig. 3 sehen wir, daß man normale Gleichstrommotoren auch mit Wechselstrom speisen kann. Von diesem Prinzip ist die Firma „Helios“ ausgegangen, bei Motoren, welche für Betriebe dienen, wo schwere Massen von der Ruhelage aus ohne Vermittlung von Kupplungen oder Leerscheiben auf die volle Umdrehungszahl gebracht werden sollen. Die Konstruktion ist im allgemeinen ähnlich der der Gleichstrom-Serienmotoren; auch in ihren charakteristischen Eigenschaften sind sie nahezu identisch mit diesen. Das Prinzip, auf welchem diese Motoren beruhen, ist leicht einzusehen, wenn wir uns die bekannten Vorgänge bei Gleichstrommotoren vergegenwärtigen. Kommutieren wir nämlich in einem durch Gleichstrom gespeisten Motor den Strom an den Hauptklemmen, so bleibt die Drehrichtung, wie mehrfach erwähnt, unverändert, weil die relative Lage zwischen Ankerstrom und Feldmagnetismus dieselbe bleibt. Daher wird ein solcher Motor, wenn er an eine Wechselstromquelle angelegt wird, ebenfalls arbeiten unter der natürlichen Voraussetzung, daß die Umkehr in Feld und Anker zur selben Zeit stattfindet. In einem Serienmotor ist dies aber notwendigerweise der Fall, da Anker und Feld von demselben Strom durchflossen werden. Das Magnetfeld ist wegen der auftretenden Wirbelströme aus einzelnen, mit Papier beklebten Eisenblechen zusammengesetzt. Der Ankerkörper besteht ebenfalls aus isolierten Eisenblechen, welche an ihrem Umfange zur Aufnahme der Bewicklung mit Nuten versehen sind. Die Wicklung ist eine gewöhnliche Gleichstrom-Serienwicklung. Die zum Kollektor führenden Enden werden aus einem Material von geringerer Leitungsfähigkeit hergestellt, um die sonst auftretende Funkenbildung an den Bürsten-Auflagestellen zu verhüten. Der Strom wird mittels vier feststehender Bürstenpaare dem Kommutator zugeführt und durchläuft Anker- und Feldbewicklung in Serie. Die Umdrehungszahl stellt sich selbsttätig nach der jeweiligen Belastung ein. In unbelastetem Zustande steigt sie jedoch auf einen für den Motor unzulässigen Wert. Das „Durchgehen“ des Motors bei Leerlauf kann durch Anbringung einer Fliehkraftreibungsbremse verhütet werden, welche beim Überschreiten der normalen Tourenzahl

automatisch eingreift. Wie schon oben erwähnt, gehen die Motoren unter voller Belastung an und entwickeln dabei ein 1,3 faches Drehmoment bei 1,5 fachem Verbrauch des normalen Stromes. Das Anlassen geschieht mittels eines vorgeschalteten Widerstandes. In Leitungsnetzen, welche die durch den Stromstoß verursachte Rückwirkung erlauben, kann man sich den Anlaßwiderstand ersparen; das Einschalten erfolgt dann durch einen einfachen Stromschließer. Ein großer Vorzug dieser Motoren ist ihre leichte Umsteuerbarkeit; dieselbe geschieht durch Kommutieren des Stromes in der Feld- oder Ankerwicklung. Fig. 2 zeigt uns ein Schema eines Motors mit Umkehr-Anlasser.

Figur 3. Bei Versuchen mit Wechselströmen kam Elihu Thompson*) darauf, daß man den Kollektor eines von Wechselstrom gespeisten Gleichstrommotors in sich kurzschließen kann, nachdem der Motor seine Tourenzahl erreicht hatte, wenn derselbe mit um 45° gegen die Neutrale verstellten und kurzgeschlossenen Bürsten angelassen und die Bürsten dann abgehoben wurden. Hierdurch ergibt sich *das Prinzip des asynchronen Einphasenmotors.*

Vervollkommnet wurde dasselbe von Brown, Dobrowolski und Maschinenfabrik Oerlikon dadurch, daß die Windungen sowohl des rotierenden wie des ruhenden Teiles in Löcher gebettet wurden, die dicht an der Oberfläche des Eisens lagen, um den Luftzwischenraum zwischen Anker- und Magneteisen und so die magnetische Streuung zu vermindern, wie die Figur zeigt. Der induzierte rotierende Teil *W* (Rotor) ist mit einer in sich geschlossenen Wicklung versehen, während der induzierende Teil *J* die Windungen aufnimmt, welche als Trommel-Ring- oder Wellenwicklungen ausgeführt werden. Die Rotorwicklung besteht aus Kupferleitern, die an beiden Enden durch einen Kupferring miteinander verbunden sind. Infolge der sich hierdurch ergebenden Konstruktion wird der Rotor auch „Eichhornkäfig" genannt, weil derselbe dem an Eichhornkäfigen befindlichen rotierenden Laufzylinder ähnelt. Diese Motore müssen natürlich erst in Drehung versetzt werden, bevor dieselben anlaufen.

Figur 4. Um dies letztere zu vermeiden, hat man jedoch eine in der Phase gegen die Hauptwicklung verschobene Kunstphase, welche nur zum Anlassen dient, hinzugefügt, sodaß der Motor als Zweiphasenmotor anläuft. Nach erreichter voller Umlaufszahl wird die Kunstphase ausgeschaltet. Im vorliegenden Falle, wie die Anlaßvorrichtungen Brown-Boveri & Co. ausführen, geschieht das Einschalten zum Anlassen über einen Flüssigkeitskondensator (Kapazität c).

---

*) Näheres siehe Rühlmann, Wechselstromtechnik.

Figur 5. Um nun aber bei einphasigem Wechselstrom einen *asynchron* laufenden *Motor* mit direktem Drehfeld zu erhalten, wurde von der Firma „Oerlikon“ folgendes Prinzip angewendet. Die Magnetwicklung *M* ist kontinuierlich über einen ringartigen Feldmagnet gewickelt und an 6 gegenüberliegenden Punkten mit den gleichen Kollektorsegmenten 1—6 durch Schleifkontakte verbunden. Auf je 2 gegenüberliegenden Segmenten schleifen die Stromzuführungsbürsten. In den in sich kurzgeschlossenen Windungen *A* des Ankers werden nun Ströme induziert, die jedoch ohne weiteres nicht imstande sind, den Motor in Bewegung zu setzen. Sobald man jedoch mit der Hand oder einer anderen Antriebskraft den Kollektor *C* in einer Richtung in Bewegung setzt, so ändert man die Richtung der Kraftlinien im Magnetfeld bezw. verschiebt oder dreht die Erregung und Pole, d. h. man erhält dieselbe Wirkung, als wenn man den induzierten Anker drehen würde und der Rotor setzt sich in Bewegung. Auf mechanischem Wege wird *C* dauernd weitergedreht, so daß der Motor allmählich die Tourenzahl annimmt, welche um die Umdrehungszahl von *C* höher ist, als der synchrone Gang, der ohne die Kollektordrehung für die Ankergeschwindigkeit bestimmend wäre. Durch die Änderung der Kollektorgeschwindigkeit kann man also eine Änderung in der Tourenzahl des Motors erhalten.

Ohne die erwähnte auf mechanischem Wege bewirkte *Feldverschiebung* arbeitet der asynchrone Einphasenmotor ebenfalls mit rotierendem Felde, welches aber erst entsteht, wenn der Anker sich in Drehung befindet, und ein Resultat des pulsierenden Magnetfeldes und des Ankerfeldes ist, welches hervorgerufen wird, wenn die Ankerwindungen die magnetischen Kraftlinien des Magnetfeldes schneiden. Dieses Ankerfeld, welches stets senkrecht auf dem Magnetfelde steht (cf. Tafel 8 Figur 1) und natürlich gleiche Periodenzahl haben muß, hat annähernd die Größe des magnetischen Feldes, sodaß ein nahezu synchroner Lauf erzielt wird.

Da nun der Motor ohne Drehfeld nicht anlaufen kann, wird es auch gleich bleiben, in welcher Richtung das Drehfeld erzeugt wird, d. h. der Motor wird stets in der Richtung weiter laufen, wie er zuerst in Bewegung gesetzt wurde.

Tafel 17.

Figur 1. Bei ihren neuen *Einphaseninduktionsmotoren* bedient sich die Firma „Helios“ ebenfalls wie in Tafel 16 Fig. 4 erwähnt, einer Anlaßhilfsphase und zwar einer *Hilfswicklung*, die um 90^0 mit der Hauptleitung verschoben, in dem Magnetgehäuse angeordnet ist, und beim Anlassen ein Drehfeld erzeugt; die Hilfswicklung wird ausgeschaltet, sobald der Motor seine Tourenzahl erreicht hat.

Die Motoren besitzen daher auf dem Stator zwei Wicklungen, die Betriebs- und die Anlaufswicklung. Die letztere besteht aus wenigen, verhältnismäßig dünnen Drähten, da sie nur während der kurzen Anlaufsperiode einen geringen Strom zu führen hat; in Fig. 1 ist die Anlauf- und Betriebsschaltung dargestellt. Zum Angehen wird Betrieb und Anlauf hintereinander geschaltet; parallel zum Anlauf liegt ein induktionsfreier Widerstand. Durch diese Anordnung erhalten Betrieb und Anlauf zwei in der Phase gegeneinander verschobene Ströme: der Motor arbeitet jetzt als Drehfeldmotor. Hat er seine normale Tourenzahl erreicht, so wird durch den Umschalter Widerstand und Anlauf ausgeschaltet. Für besondere Fälle, z. B. bei großem Abfall der Spannung in der Leitung beim Einschalten kann noch ein kleiner Zusatztransformator verwendet werden, der dazu dient, die Spannung über der Anlaufswicklung für den kurzen Moment des Anlaufs zu erhöhen, und der nach erfolgtem Angehen samt Hilfsspule und Widerstand ausgeschaltet wird.

Figur 2 zeigt dasselbe *Schema*, nur *mit vorgebautem Minimalausschalter*, welcher den Motor bei Überlastung oder Störungen im Netz abschaltet und so vor Beschädigung schützt.

Figur 3. Um bei größeren Typen die Anzugskraft etwas zu erhöhen und die große Rückwirkung infolge der großen Stromaufnahme auf das Leitungsnetz zu verhindern, wird der Rotor mit einer Dreiphasenwicklung versehen, welche allmählich über Widerstände eingeschaltet wird. Diese werden mit zunehmender Geschwindigkeit allmählich ganz ausgeschaltet, sodaß der Anker als Kurzschlußanker läuft, wobei noch zum gänzlichen Abschalten des Anlassers und der Leitungen eine zwangläufig arbeitende Bürstenabhebe- und Kurzschlußvorrichtung angebracht wird. Die kleinen Typen laufen leer von selbst in $^1/_{10}$ Minute, die größeren in ca. $^1/_4$ Minute an. Der Strom nimmt einen Wert vom $1-1^1/_2$ fachen des normalen Betriebsstroms an. Der Stromkonsum bei Leerlauf beträgt 35—50% des normalen, der Wattverbrauch ist aber wegen der großen Phasenverschiebungen sehr gering, er schwankt in den Grenzen von 8—18% der normalen Energieaufnahme, wobei die kleineren Werte den größeren, und die größeren den kleineren Motoren zukommen. Der Wirkungsgrad nimmt mit zunehmender Belastung rasch zu; bis zur halben Belastung steigt er nahezu proportional der Leistung, von da ab wächst er langsamer als die Leistung, und erreicht sein Maximum bei Vollbelastung, um bei Überlastung langsam wieder zu fallen. Bei kleineren Motoren beträgt er 70% und steigt bei größeren bis 90%. Sämtliche Motoren ertragen bedeutende Überlastung.

Figur 4. Die Anwendung eines *Doppelrotors bezw. Doppelrotor-Motors zur Erzielung eines guten Anlaufes* ist Fischer-Hinnen patentiert worden.

Figur 4 und 4a zeigen schematisch die Ausführung eines derartigen zweipoligen Motors, welcher genau genommen aus 2 getrennten Motoren mit gemeinsamer Ankerwicklung besteht. Um die Vorstellung zu erleichtern, ist der Anker im vorliegenden Falle als Kurzschlußanker ausgebildet, obwohl dadurch das Drehmoment um einen gewissen Betrag verkleinert wird. Ein gewickelter Schleifring-Anker wäre zweckentsprechender. Die Magnetpole sind gegeneinander um einen Winkel von 45° verschoben. Natürlich könnte man eben so gut auch die Anker entsprechend verstellen. Man läßt den Motor umlaufen, indem man vermittels des Umschalters U den Strom nur in die eine Wicklung schickt und die andere ausschaltet. Wird z. B. zuerst nur M_1 eingeschaltet, so wirkt diese Wicklung induzierend auf die Ankerwicklung A_1; die magnetische Achse des erzeugten Stromes fällt mit der von M_1 zusammen. In dem Anker A_2 findet die gleiche Stromverteilung statt, da ja beide eine gemeinsame Wicklung haben. Die Ankerdrähte von A_2, welche zwischen $a\,b$ und $c\,d$ liegen, erzeugen Kraftlinien, welche durch das Feld M_2 gehen und in den Drähten zwischen $a\,d$ und $b\,c$ ein Drehmoment von ungefähr gleicher Phase hervorrufen. Hat der Motor eine gewisse Geschwindigkeit erreicht, so wird die Wicklung M_2 dazu geschaltet und die Maschine ist nun ein gewöhnlicher asynchroner Motor mit nahezu konstanter Geschwindigkeit.

Es sei noch auf folgende interessante Erscheinung hingewiesen. Wird M_1 zuerst eingeschaltet, so wird sich der Motor rechts herum drehen, und auch diese Drehrichtung beibehalten, wenn M_2 dazu geschaltet wird. Wird dagegen M_2 zuerst und nach dem Anlaufen M_1 allein eingeschaltet, so läuft der Motor in umgekehrter Richtung. Rücksichtlich der geringen Kosten dieses Motors ist derselbe sehr geeignet für Hausbedarf zum Antrieb von Ventilatoren, Nähmaschinen usw. Für größere Leistungen ist es besser, zwei getrennte Motoren mit Schleifringen zu verwenden und die Magnete rotierend anzuordnen, um die Zahl der notwendigen Schleifringe herabzusetzen.

Figur 5. Zum Schluß über einphasige Asynchromotoren sei noch erwähnt, daß man auch *Zweiphasenmotoren* vorteilhaft *mit Einphasenstrom speisen* kann, was ja schon aus der Schaltung der Motoren mit Kunstphase hervorgeht.

Der Phasenunterschied des vorliegenden Motors mit Zweiphasenwicklung beträgt 90°. Die eine der beiden Wicklungen wird jetzt direkt mit Einphasenstrom gespeist, während die andere Wicklung in eine Abzweigung eingeschaltet ist, in der sich eine auf elektrischem Wege erzeugte Kapazität C befindet. Der Rotor hat Kurzschlußwicklung, kann natürlich auch als Schleifringanker ausgebildet werden.

Tafel 18.

Einen wesentlichen Vorteil gegenüber dem einphasigen bietet der *zweiphasige Wechselstrom.* Wir haben denselben schon teilweise bei der Beschreibung der Dynamomaschine kennen gelernt, wollen hier jedoch nochmals genauer darauf eingehen. Das Prinzip gestaltet sich nach Fig. 1—8 folgendermaßen:

Stellen *N* und *S* die Magnetpole einer durch den Erregerstrom erregten Wechselstromdynamo vor, so würden wir, wie wir sahen, bei Stromabnahme von 2 um 180° versetzten Punkten vom Anker einphasigen Wechselstrom erhalten. Ordnen wir jedoch, wie in der Figur, auf dem Anker zwei von einander unabhängige um 90° verschobene Windungen an, so entstehen *während einer Periode zwei ansteigende Wechselströme* oder *zweiphasiger Wechselstrom.* Diese beiden Ströme folgen also einander auch bezüglich ihres Auftretens und ihrer einzelnen Stadien mit einer Verschiebung um 90°.

Lassen wir diesen Strom nun um einen Eisenring (Magnetfeld) durch vier um 90° verstellte Magnetwindungen laufen, welche wie Figur zeigt verbunden werden, so sehen wir, daß die von der Dynamo in der jeweiligen Stellung Fig. 1—8 entsandten Ströme in dem Eisenkern des Magnetringes ein rotierendes magnetisches Feld erzeugen. Ferner erkennen wir aus der Stellung der Windungen an dem Anker der Dynamo, daß, wenn eine Windung im Maximum des magnetischen Feldes sich bewegt und ihre höchste Stromstärke hat, die andere Windung die neutrale Zone durchschneidet und stromlos ist, während z. B. Fig. 2 beide Windungen gleichmäßig induziert werden. Wir sehen aber auch gleich, daß die algebraische Summe der + und — Ströme immer = 0 ist, d. h. beide in jeder Stellung gleich groß sind. Eine in dem erzeugten Magnetfeld *M* frei schwingende Magnetnadel *NS* würde daher in der Drehrichtung mit rotieren.

Denkt man sich nun an Stelle einer Magnetnadel einen Anker, dessen Windungen in sich geschlossen sind, so wird derselbe sich ebenfalls infolge der in ihm erzeugten Wirbelströme *(Foucaultschen Ströme)* im Sinne der Feldbewegung in Umdrehung versetzen. Die Foucaultschen Ströme entstehen, wie bekannt, in Metallmassen, wenn man diese in einem magnetischen Felde in Bewegung setzt und treten als ein der Drehrichtung entgegenwirkender Widerstand auf. Wird anderseits das magnetische Feld in Rotation versetzt, so nehmen diese Ströme, umgekehrt wirkend, den Anker mit sich, wie wir dies ja auch beim Einphasenmotor sahen.

Figur 1—8 stellen nun die verschiedenen Stromimpulse während einer Ankerumdrehung (Periode = 360°) dar, woraus die Wirkungsweise genau ersichtlich ist.

Tafel 19.

Figur 1. *Das Schema* der einfachsten praktischen Ausführung *einer Zweiphasenstromdynamo nebst Motor* (nach „Tesla“) zeigt die Figur.

Die Dynamo *D* hat zwei aus fremder Stromquelle erregte Elektromagnete *N* und *S*, während ihr aus einzelnen dünnen ringförmigen Eisenscheiben bestehender Anker mit zwei Paar Spulen $W_1 W_1$ und $W_2 W_2$ umwickelt ist. Die gegenüber liegenden Spulen sind hintereinander geschaltet und ihre Endpunkte mit je einem Schleifring versehen; auf den so entstehenden vier Schleifringen liegen die vier Stromabnehmerbürsten, von welchen der Strom zu den vier Magnetwindungen $S_1 S_1$ $S_2 S_2$ des Motors *M* geleitet wird. Diese vier Spulen sind auf einem dem Ankerringe der Dynamos ähnlichen Magnetringe *M* in der gezeichneten Weise angeordnet. Wir erhalten demnach zwei zwischen Dynamo und Motor fließende getrennte Ströme. Der innerhalb des Motors *A* liegende kurzgeschlossene Anker *(Kurzschlußanker)* wird jetzt entsprechend der Drehrichtung des Magnetfeldes rotieren (c. Tafel 18). Soll derselbe seine Drehrichtung wechseln, so müssen wir das Magnetfeld in anderem Sinne kreisen lassen, d. h. die beiden Pole der beiden Ströme vertauschen.

Wenn dieses System von „Ferraris“ und „Tesla“ auch allen Anforderungen der Praxis genügt, so ist ihm das Drehstromsystem dadurch überlegen, daß die Anlage des letzteren wesentlich billiger wird, die Regulierung ohne Schwierigkeit zu bewerkstelligen ist und ferner Drehstromanlagen ökonomischer arbeiten. Es sind daher auch nur wenige Anlagen nach dem Zweiphasen-System gebaut worden.

Figur 2. Die Verbindung eines in der Praxis allerdings wegen der benötigten besonderen Erregerquelle wenig und nur bei Hochspannungsanlagen gebrauchten *synchronen Drehstrommotors M* mit einer Drehstromdynamo *D*, bei welcher das ebenfalls mit fremdem Gleichstrom erregte magnetische Feld *NS* rotiert, geschieht in der in der Figur angedeuteten Weise (Dynamo siehe Bd. I, Tafel 4, Figur 2). Die Stromrichtung im feststehenden Anker der Dynamo geht aus dem Induktionsgesetz hervor (siehe Bd. I, Tafel 1, Figur 1) und erkennen wir auch wieder, daß beim Drehstrom, wie früher bereits erwähnt wurde, ebenso wie beim Zweiphasenstrom der positive Strom jederzeit gleich groß dem negativen sein muß.

Die Ströme der Dynamomaschine erzeugen nun in dem Magnetgehäuse des Motors ein Drehfeld, welches seine Richtung mit gleicher Geschwindigkeit fortsetzt. Ein innerhalb dieses Gehäuses drehbarer Anker *NS* wird sich also immer so einzustellen suchen, daß seine Magnetpole mit den entgegengesetzten Polen des Gehäuses zusammenfallen und daher mit dem Magnetfeld

rotieren. Der Anker *NS* des Motors *M* würde im Betriebe die durch den Pfeil angedeutete Stellung haben, bleibt in Wirklichkeit infolge der Schlüpfung etwas zurück. Überlastung vertragen diese Motoren ebenso wenig, wie synchrone Einphasenmotoren, weil nach Aufhebung des Synchronismus zu große Wirbelströme entstehen und die Motoren zu heiß werden.

Figur 3. Ersetzen wir nun den Motor *M* in Figur 2 durch den in Figur 3, so haben wir eine normale in der Praxis verwendete *Schaltung* mit *einem asynchronen Drehstrom-Induktionsmotor M* mit *Kurzschlußrotor A*. Das in *M* erzeugte Drehfeld induziert in den durch kleine Kreise angedeuteten kupfernen Ankerstäben des Ankers *A* Ströme. Die Kupferstäbe liegen wie beim Einphasen-Induktionsmotor in Nuten des aus Eisenblechen zusammengesetzten Ankerkernes parallel zur Achse und sind an ihren Enden durch Kupferringe verbunden, „kurzgeschlossen". Da diese Kupferstäbe gute Leiter für die entstehenden Wirbelströme sind, anderseits die Beweglichkeit des Magnetismus im Anker vermindern, wird letzterer vom Felde intensiver mitgenommen. Würde nun der Anker in derselben Schnelligkeit wie das Feld kreisen, so würden in demselben überhaupt keine Ströme induziert werden. Der Anker wird daher etwas hinter dem Felde zurückbleiben. Dieser Unterschied der Winkelgeschwindigkeit zwischen Feld und Anker heißt *Schlüpfung*, von der wir bereits sprachen und beträgt je nach der Belastung 3—5% der durch Polwechsel und Polzahl bedingten minutl. Umdrehungen. Der in der Figur gezeichnete Motor ist mit Sternschaltung versehen und kann demnach auch an eine Anlage mit Ausgleichsleitung angeschlossen werden (punktierte Leitung).

Die *Drehrichtung des Ankers* ist, wie wir gesehen haben, durch die Drehung des Feldes bedingt; sind die 3 Phasen des letzteren nun geschaltet I, II, III, wie Figur 2, *M*, so resultiert hieraus eine Rechtsdrehung; wechseln wir aber zwei beliebige Zuleitungen, so erhalten wir die Folge der Phasen in umgekehrter Richtung. Der Motor wird daher dann links herumlaufen.

Es ist einleuchtend, daß beim Einschalten eines Motors mit Kurzschlußanker sehr große Rückwirkungen im Magnetgehäuse und Spannungsschwankungen im Zuleitungsnetze hervorgerufen werden können; daher verwendet man gewöhnlich nur kleinere Motore bis ca. *3 PS* mit Kurzschlußanker, es sei denn, daß eventuell auftretende Schwankungen im Netz nicht berücksichtigt zu werden brauchen. Die für die größeren Drehstrommotoren gebräuchlichen Anlaßvorrichtungen sollen in den folgenden Tafeln beschrieben werden.

Tafel 20.

Figur 1. Zunächst sei hier noch auf zwei besondere Schaltungen hingewiesen, nämlich erstens den Kurzschlußmotor mit Stufenanker der „A. E. G."

Der Anker erhält hier zwei Wicklungen, eine von hohem und eine von geringem Widerstande; erstere wird zuerst eingeschaltet und bringt den Motor auf Tourenzahl, dann wird mittels eines, Tafel 21, Figur 3a, näher beschriebenen Kurzschließers die Hauptwicklung eingeschaltet d. h. kurzgeschlossen. Die im Anker angeordneten Windungen von hohem Widerstande ersetzen daher den in genannter Figur angegebenen Flüssigkeitsanlasser *Fl.* Die Anlaßwindungen sind im Betrieb ausgeschaltet.

Eine weitere Schaltung, die von „Helios“, „Lahmeyer“ und „A. E. G.“ angewendet wird, besteht darin, daß der Stator zunächst in Sternschaltung eingeschaltet wird und nach erreichtem Anlauf in Dreieckschaltung umgeschaltet wird. Hierdurch wird die Anlaufstromstärke ohne besondere Widerstände wesentlich vermindert.

Die verschiedenen *Anlaßvorrichtungen und Schaltungen für Drehstrommotoren* bei gewöhnlichem Betriebe sollen in Tafel 20, 21 und 22, Figur 1 näher beschrieben werden, während Schaltungen für besondere Zwecke in späteren Tafeln folgen.

Das Anlassen des vorstehenden Motors mit Schleifringanker geschieht mit einen *Metallanlaßwiderstand, der in den Ankerstromkreis* eingeschaltet wird. Die *Einschaltung des Gehäuses* erfolgt durch den dreipoligen *Hebelschalter H.* Das Einschalten des Ankeranlassers geschieht durch Rechtsdrehung. Wird derselbe für dauernden Stromdurchgang bemessen, so dient er zur Regulierung des Motors. In diesem Falle hat der Anker keine Kurzschlußvorrichtung und Bürstenabhebung.

Figur 2. Will man bei einem *Motor mit Kurzschluß*anker *hinter dem Gehäuse* einen *Metallanlasser* anwenden, so gestaltet sich die Schaltung wie Zeichnung zeigt. Der Anlasser *AW* braucht hier keine besondere Kontaktbahn entgegen dem vor dem Gehäuse angeordneten Gehäuseanlasser. Aus der Zeichnung geht jedoch hervor, daß derselbe nur für Motoren mit Sternschaltung verwendet werden kann.

Unter *Zwischenschaltung eines Umschalthebels* verwendet man die Anlasser jedoch *auch für* Motoren mit *Dreieckschaltung* und erreicht hierdurch infolge der Hintereinanderschaltung der Spulen beim Anlassen eine erniedrigte Anlaufstromstärke, wie schon oben angedeutet. Dies geschieht wie folgt:

Die Endpunkte E_1 E_2 E_3 der Gehäusewindungen 1, 2, 3 werden zu diesem Zwecke mit den mittleren Kontakten eines dreipoligen Umschalthebels verbunden. Ferner sind die drei Kontakte der einen Seite des Umschalthebels mit den Widerständen des Anlassers in derselben Weise wie Zeichnung verbunden. Die anderen drei Kontakte des Umschalters werden jedoch so geschaltet, daß nach Einlegen des Hebels nach dieser Seite e_1 mit a_2, e_2 mit a_3, e_3 mit a_1 verbunden werden und der Motor in Dreieckschaltung erregt

wird. Das Einschalten geschieht in der Sternschaltung mit *AW*; sobald der Motor jedoch annähernd normale Tourenzahl hat, wird der Hebelumschalter auf Dreieckschaltung gelegt. Das Abstellen geschieht in entsprechender Reihenfolge rückwärts.

Figur 3. Will man bei Schleifringankermotoren auch noch den Stromstoß vermeiden, den das Einschalten des Gehäuses eines größeren Motors hervorruft, so ordnet man außer dem *Ankeranlasser* noch einen *Gehäuseanlasser vor dem Motor* (oder hinter demselben) an. Eine solche Schaltung zeigt unsere Figur. Für den Anker ist ein Regulierungswiderstand *RW* vorgesehen.

Tafel 21.

Figur 1. Der Drehstrommotor *DM* mit Kurzschlußanker wird mit seinen 3 Gehäuseklemmen *GK* 1, 2, 3 über den gezeichneten Anlaßwiderstand, *Gehäuseanlasser,* über die Sicherungen *S* mit dem Drehstromnetz verbunden eventuell an der Rückseite sitzende 3 Gehäuseklemmen werden kurzgeschlossen. Der Motor kann in diesem Falle mit Sternschaltung oder Dreieckschaltung versehen sein. Der Gehäuseanlasser hat 3 Schleifbahnen, die durch die voneinander isolierten 3 Schleiffedern des dreiarmigen Hebels mit den Kontakten der Widerstände *W* 1, 2, 3 verbunden werden. Das Anlassen geschieht durch Linksdrehen des Hebels, bis der Widerstand kurzgeschlossen ist, das Abstellen durch Rechtsdrehen.

Figur 2. Der *Gehäuseanlasser* kann bei einem Motor mit Kurzschlußanker auch *hinter dem Motor* angeordnet werden. Im gezeichneten Falle ist hierzu ein Flüssigkeitsanlasser gewählt. Die drei voneinander durch *J* isolierten Kontaktplatten werden in die Flüssigkeit getaucht und schließen die Windungen des Gehäuses über den Widerstand der Flüssigkeit allmählich kurz, bis durch die Kontakte *C* (2a) und die Schleiffedern ein völliger Stromschluß herbeigeführt wird. Zur Stromabstellung dient der dreipolige Hebelausschalter *H.*

Figur 3. Mit dem dreipoligen Hebelausschalter *H* wird das *Gehäuse GK* eingeschaltet, die Gehäusewindungen sind innerhalb des Motors *kurzgeschlossen.* Die Enden der *Ankerwindungen* erhalten drei Schleifringe *AS.* Auf diesen schleifen drei Bürsten *B,* welche mit den Metallplatten des *Flüssigkeitsanlassers Fl* verbunden sind. Nachdem nach Schließen von *H* der Flüssigkeitsanlasser allmählich ganz eingeschaltet ist, wird der *Anker* (Figur 3a) mit Hilfe eines an ihm angebrachten *Kurzschließers KS* kurzgeschlossen, die Bürsten *B* werden mit einer besonderen Vorrichtung hierauf von den Schleifringen abgehoben, und der Anker läuft als gewöhnlicher Kurzschlußanker. Das Abschalten des Motors geschieht in umgekehrter Reihenfolge.

Neuerdings werden Drehstrommotoren schon von *1 PS* aufwärts mittels Schleifringanker ausgeführt, da nur hierdurch beim Einschalten Störungen im Leitungsnetz sicher vermieden werden und bei größeren Zentralen mit starkem Industriebetrieb sonst zu große Spannungsschwankungen hervorgerufen werden.

Tafel 22.

Figur 1. Es kommt häufig in der Praxis vor, daß kleinere *Drehstrommotoren mit Kurzschlußanker*, zu deren Einschaltung keine Anlasser, sondern nur Einschalthebel gebraucht werden, während der verschiedenen Betriebsdauer *abwechselnd rechts und links herum laufen* müssen.

Für diese Motoren verwendet man Umschalthebel, die man wie HU_3 zwischen das Netz und den Motor M anordnet, und derartig verbindet, daß in der einen Stellung die Phasen gleich bleiben, in der anderen aber vertauscht werden, wodurch die Drehrichtung geändert wird (siehe Tafel 19, Figur 3).

Figur 2. Handelt es sich jedoch darum, bei größeren *Motoren* mit *Schleifringanker* z. B. bei Fahrstuhlanlagen die Drehrichtung des Motors zu ändern, so verwendet man vereinigte *Umkehranlaßwiderstände,* wie Figur zeigt.

Es wird hier zunächst durch entsprechendes Einschalten des zweipoligen mit dem Netz N und den Magnetwindungen M in der gezeichneten Weise verbundenen Umschalters U die Drehung des magnetischen Feldes im Gehäuse und damit die Ankerdrehrichtung festgelegt, während darauf die Ankerwindungen von A mit Hilfe des dreiarmigen Hebels H, des Anlassers AW kurz geschlossen werden. Steht der Hebel H auf a, so ist der Anker ausgeschaltet, auf g jedoch kurz geschlossen. In der praktischen Ausführung ist dieser Umkehranlasser so eingerichtet, daß durch mechanische Verbindung ein Einschalten des Anlassers AW erst möglich wird, wenn durch N in der einen oder anderen Stellung die Magnetwindungen mit den Stromzuführungen verbunden sind.

Figur 3. Das Schema dieses *Schleifringanker-Anlassers* für *Drehstrommotoren,* wie ihn die Firma S. & H. baut, zeigt uns AW. Das Kurzschließen des Ankers geschieht hier nicht, wie bei den früheren Anlassern durch gleichzeitige Widerstandsverminderung in den drei Phasen, sondern es wird immer nur ein Widerstand von der ersten, dann einer der zweiten usw. abgeschaltet, was durch das Linksdrehen des an Kontakten C schleifenden Rollenkontaktes R geschieht. Der äußere aus Kohle hergestellte Kranz von R berührt stets drei Kohlenkontakte C gleichzeitig.

Die Verbindung des Anlassers mit dem Motor DM zeigt die Figur und bedarf keiner Erklärung.

Tafel 23.

Figur 1. Als besondere Anlaßschaltung ihrer Drehstrommotoren benutzten S. & H. die *„Görgesche Gegenschaltung“*, bei welcher besondere Anlaßwiderstände vermieden werden.

Bei dieser Schaltung besteht die Wicklung des Rotors aus zwei Teilen, von denen die eine Wicklung z. B. doppelte Länge und daher doppelten Widerstand wie die andere besitzt. Die elektromotorischen Kräfte der beiden Wicklungsteile verhalten sich dann zueinander wie 2 : 1. Die Wicklungen sind beim Anlassen gegeneinander geschaltet. Nachdem der Motor seine Tourenzahl erreicht hat, werden die Wicklungen kurzgeschlossen und arbeiten parallel.

Figur 2 bis 5. Die Firma „Oerlikon“ hat für *Drehstrommotoren* eine Schaltung zur *Regulierung der Tourenzahl* getroffen, welche nachstehend beschrieben werden soll*). Dieselbe eignet sich für Motoren, deren Zugkraft bei der höheren Geschwindigkeit kleiner sein soll als bei der niedrigeren. Es werden nämlich die Motoren in Dreieckschaltung jedoch mit 6 Spulen ausgeführt, wobei die letzteren sowohl für zwei als auch für vier Pole resp. für irgend ein vielfaches dieser beiden Polzahlen dauernd miteinander in Serie geschaltet bleiben, und nur die Stromzuführung von den Wicklungsenden 1, 2, 3 für die größeren Polzahlen — nach den Wicklungsenden 4, 5, 6 für die kleineren Polzahlen versetzt.

Figur 6 bis 7. Eine weitere Schaltung von „Oerlikon“ ist die folgende: Die Motoren, bei denen die gewöhnliche Trommelwicklung für zwei Polzahlen im Verhältnis 1 : 2 nach Art des Schema Fig. 7 umgeschaltet werden, zeigten jedoch im allgemeinen für die kleinere Polzahl sehr ungünstige Betriebsverhältnisse, insbesondere ist das Anlaufen der Motoren bei dieser Polzahl sehr ungenügend, sofern Motoren mit Kurzschlußanker zur Verwendung kamen. Diese Polumschaltung ist dadurch charakterisiert, daß bei kleinerer Geschwindigkeit auch die Leistung des Motors ebenso Wirkungsgrad und Leistungsfaktor kleiner werden und bei größerer Tourenzahl entsprechend größer, daher ist natürlich das Anzugsmoment bei der kleineren Geschwindigkeit sehr gering.

Es ist nun jedoch auf Grund zahlreicher Studien über die Wicklung von Drehstrommotoren der Maschinenfabrik Oerlikon gelungen, eine *Trommelwicklung* so anzuordnen, daß die oben erwähnten Nachteile nicht eintreten und die Motoren gleich gute Betriebsverhältnisse zeigen, wie die normal für eine

*) Näheres siehe ETZ. 02, S. 1055, Behn-Eschenbach: Drehstrommotor der Maschinenfabrik Oerlikon.

Polzahl gewickelten Motoren. Diese Wicklung besitzt gleich wie die Wicklung einer Gleichstromarmatur gleichmäßig angeordnete Spulen und wird nach dem Schema der Ringwicklung eingeteilt. Die Umschaltung dieser Spulenpaare geschieht mit dem im Schema Fig. 7 angedeuteten 6poligen Umschalter. Verfolgt man das Schema in der jeweiligen Stellung des Umschalters, so geht die Polumschaltung aus der Figur deutlich hervor.

Figur 8. Von der Firma „Helios" werden *Drehstrommotore* für veränderliche Tourenzahlen nach dem Patent von Danielson in *Kaskadenschaltung* gebaut. Das Prinzip der Schaltung zeigt die Figur. Die Schaltung besteht darin, daß von zwei in Rücksicht auf Pol- und Umdrehungszahl gleichen Motoren M_1 M_2 nur der eine M_1 an die Leitung gelegt wird, während sein Rotor dem Stator des anderen M_2 Strom liefert. Jeder Motor läuft nun mit der halben Synchrongeschwindigkeit, gibt aber das normale Drehmoment ab. Man erhält also doppelte Zugkraft bei halber Geschwindigkeit und etwa gleichem Stromverbrauch, als wenn nur ein Motor läuft. Würden zwei mit voller Geschwindigkeit laufende Motoren in Kaskade geschaltet, so wirkten sie als übersynchrone Generatoren bremsend. Während bei der gezeichneten Kaskadenzeichnung zwei Motoren gleicher Polzahl miteinander gekuppelt arbeiteten, schlägt Danielson weiter vor, zwei Motoren gleicher Leistung, aber ungleicher Polzahl auf eine Welle zu setzen. Wählt man z. B. einen vierpoligen und einen sechspoligen Motor, so kann man bei 50 Perioden, je nachdem man den vierpoligen oder den sechspoligen Motor an das Netz anschließt, die Umdrehungszahlen 1500 und 1000 erhalten. Werden die Motoren nun in Kaskade geschaltet, so ist das System mit einem zehnpoligen Motor gleichwertig und die Umdrehungszahl beträgt 600 p. M. Die Umdrehungszahl des Systems ist also, wenn p_1 und p_2 die Polzahlen und 6000 die Polwechselzahl p. M. bedeuten, durch die Bezeichnung $u = \frac{6000}{p_1 + p_2}$ gegeben. Man kann nun nach Danielson noch einen Schritt weiter gehen und durch Vertauschung zweier Klemmen den Stator des sekundären Motors in der Kaskade gegen den Rotor des primären schalten, dann ist $u = \frac{6000}{p - p_2}$. Nehmen wir nun z. B. einen 10- und einen 4-poligen Motor an, so erhalten wir 4 Geschwindigkeiten

1. $n = 1500$ vierpoliger Motor alleine,
2. $n = 1000$ Kaskadenschaltung gegeneinander $(10 - 4)$,
3. $n = 600$ zehnpoliger Motor alleine,
4. $n = 428$ Kaskadenschaltung miteinander $(10 + 4)$.

Tafel 24.

Figur 1 u. 2. *Die Regulierung von Drehstrommotoren durch Umschaltung von nebeneinander angeordneten besonderen Motoren mit verschieden gewickelter Polzahl* hat die Firma Wüste & Co., Zürich, erreicht*).

Mit einem solchen Motor, *Stufenmotor* genannt, ist es möglich alle beliebigen Polzahlen, Leistungen und Anzugskräfte zu vereinbaren. Alle Elemente können für dieselbe Leistung, aber jedes für eine andere Polzahl gewickelt werden, oder aber für ungleiche Leistungen bei verschiedenen Tourenzahlen, sogar für die größte Polzahl entsprechend der kleinsten Geschwindigkeit kann eine größte Leistung angenommen werden, auch können bei einem z. B. dreistufigen Motor 2 Elemente für dieselbe Leistung und Tourenzahl gebaut werden, wenn es sich darum handelt Kraft zuzuschalten, wie dies sehr häufig zur Anwendung kommt.

Bei allen diesen Kombinationen arbeitet jeweilen jedes Element mit seinem höchsten Nutzeffekte, ebenso können auch die Anzugsmomente beliebig gewählt werden, sodaß für die kleinste Geschwindigkeit ein sehr großes Anzugsmoment in Anwendung gebracht werden kann oder umgekehrt.

Mit einem zweistufigen Motor lassen sich drei Geschwindigkeiten und verschiedene Leistungen erreichen. Zum Beispiel ein Motor mit 4- und 8-poligen Elementen, jedes Element für 3 PS gewickelt, hat bei 50 Perioden 750 und 1500 Touren. Wird das 8-polige Element auf 4 Pole umgeschaltet, so erhalten wir 6 PS bei 1500 Touren; durch Parallelschaltung des normalen 4-poligen Elementes mit dem auf 4 Pole umgeschalteten Elemente erhalten wir 9 PS bei 1500 Touren, beim Umschalten des 4-poligen Elementes auf 2 Pole erreichen wir 3000 Touren.

Fig. 1 und 2 veranschaulichen Wicklungs- und Schaltungsschemen für den Motor mit den verschiedenen Schaltungen. Der 6-polige Umschalter dient zum Polumschalten, der 3-polige zum Ändern der Drehrichtung, der 3-polige Ausschalter zum Parallelschalten der 4-poligen Wicklung mit den übrigen.

Figur 3. Eine weitere Errungenschaft auf dem Gebiete der Mehrphasenmaschinen ist *der asynchrone Induktionsmotor ohne Phasenverschiebung* von Heyland. Wir entnehmen die nachstehende Beschreibung einem Aufsatz des Herrn Heyland in der ETZ. 01.

Diese *„Kompensierung“* bewirkt, daß die bekannte Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung asynchroner Induktionsmotoren, die wattlosen Magnetisierungs- und Leerströme und alle die bekannten Folgen des Luft-

*) S. ETZ. 02, Burkard: Regulierung von Drehstrommotoren.

zwischenraumes zwischen Stator und Rotor dieser Motoren tatsächlich annulliert werden.

Erreicht ist dies hier dadurch, daß das Drehfeld nicht vom Stator aus erzeugt wird, sondern im Rotor*) direkt, und zwar mit Hilfe einer höchst einfachen Anordnung, die an jeder Motortype ohne große Schwierigkeiten angebracht werden kann.

Im Prinzip stellt sich der Gegenstand in der folgenden Form dar:

Figur 3 sei ein dreiphasiger Induktionsmotor mit einfachem Kurzschlußanker, sogenanntem Käfiganker. *A* sei der Stator des Motors, *B* der Rotor oder Kurzschlußanker mit in Löchern oder Nuten auf dem Umfange verteilten Kupferstäben, die an jeder der beiden Stirnflächen des Ankers durch einen Schlußring *K* unter sich geschlossen sind. Ein dreiphasiger Wechselstrom erzeugt dann in bekannter Weise in dem Stator *A* ein Drehfeld, welches den Stator *A* und Rotor *B*, gleichmäßig durchsetzt und zwischen den Stator-Windungen und der geschlossenen Ankerwicklung des Rotors ein Drehmoment ausübt.

Das Feld wird vom Stator aus erzeugt. Die Erregerströme des Stators, die das Feld erzeugen, sind Wechselströme der vollen Periodenzahl, und entsprechen deshalb nicht, wie bei Gleichstrom, der erforderlichen Feld-Erregung, sondern sind bedeutend größer, da in Stromkreisen höherer Wechselzahl eine bedeutende sogenannte Gegen-EMK auftritt. Der Magnetisierungsstrom wird erzeugt durch das kleine Restglied, welches die Differenz bildet zwischen der Klemmenspannung und dieser Gegen-EMK. Diese Ströme erhalten dadurch die bekannte große Phasenverschiebung gegen die Spannung. Die im Kupfer wirklich in Wärme umgesetzte Arbeit dieser Ströme hingegen ist sehr klein. Sie liegt in der Regel noch weit unterhalb 1% ihres scheinbaren Wertes.

Alles dieses wird vermieden, wenn wir das Drehfeld nicht im Stator, sondern im Kurzschlußanker direkt erzeugen. Im Kurzschluß-Sekundäranker, dem Rotor *B*, existiert die Gegen-EMK nicht, oder doch nur in ganz untergeordnetem Maße. Die Wechselzahl des Feldes ist hier nur sehr klein und direkt gegeben durch die Schlüpfung des Motors. Der Anker rotiert bekanntlich mit dem Drehfelde. Seine Geschwindigkeit gegen das Drehfeld differiert nur um einen kleinen Betrag, die Schlüpfung, welche gerade genügt, die zur Drehung nötigen Ströme im Anker zu induzieren. Im Gegensatz zu der hohen EMK des Stators ist deshalb die EMK des Rotors sehr klein und deckt gerade die im Kupfer in Wärme umgesetzten Ohmschen Verluste der induzierten Kurzschlußströme. Schicken wir nun die zur Erzeugung des

*) Eine Bestrebung, die Phasenverschiebung zu kompensieren, ist schon von Leblanc ausgegangen. Er benutzt hierzu einen Hilfsmotor, welchen er in den Stromkreis des Kurzschlußankers schaltet. Durch das Hinzukommen eines derartigen Hilfsmotors wird jedoch seine Anordnung sehr kompliziert.

gemeinsamen Drehfeldes nötigen Magnetisierungsströme, anstatt durch den Primäranker, durch den Sekundäranker, so umgehen wir die unangenehme Gegen-EMK, die sich ihnen im Stator entgegenstellte. Die ganze für die Magnetisierungsströme erforderliche Spannung fällt auf den kleinen Betrag, der zur Deckung der Ohmschen Verluste im Kupfer erforderlich ist. Die einzige Aufgabe ist nur die, die Ströme in die in sich geschlossene Wicklung des Rotors hinein zu lancieren, und zwar so, daß sie genau die gleiche Richtung und Phase erhalten, wie die Magnetisierungsströme des Stators, die sie kompensieren sollen.

Dies geschieht hier in einfachster Weise, wie die Figur schematisch darstellt, durch 3 Bürsten *BBB,* welche auf dem Schlußring *K* des Ankers schleifen und deren Stellung zum Stator so reguliert wird, daß die zugeführten Ströme im Anker genau dieselbe Richtung erhalten, wie die Magnetisierungsströme des Stators hatten. Die Spannung dieser Ströme braucht nur sehr niedrig zu sein und sie können einigen wenigen Windungen des Stators entnommen werden.

Es findet hierbei eine Umrichtung des Stromes aus hoher Periodenzahl (Stator) in niedere Periodenzahl (Kurzschlußanker) statt, jedoch haben wir zu dieser Umrichtung nicht einen Kommutator in gewöhnlichem Sinne nötig, sondern die Umrichtung kann, wie im Schema gezeichnet ist, durch einen kontinuierlichen Ring geschehen. Man wird zwar im allgemeinen keinen sogenannten Käfiganker verwenden, weil die Ströme unter den Bürsten zu groß würden, dagegen kann man z. B. einen gewickelten Anker durch einen Ring schließen, dessen Widerstand zu dem der Wicklung in einem gewissen Verhältnisse steht.

Das äußerlich Eigentümlichste an dem Motor ist die Kommutierung des Stromes durch den in sich geschlossenen Ring als Kommutator. Es ist natürlich und selbstverständlich, daß ein derartiger Kommutator jeden komplizierten Charakter verliert und ebenso funkenfrei und einfach arbeitet, wie die üblichen Schleifringe an Induktionsmotoren.

Der Vorgang im Betriebe ist der folgende: Die momentane Lage und synchrone Drehung des Feldes zum Erregeranker ist durch die Stellung der Bürsten fixiert (siehe Fig. 3) und unabhängig von der Geschwindigkeit des Ankers. Der durch die Bürsten zugeführte Strom erzeugt im Kurzschlußanker ein mit demselben rotierendes Feld. Rotierte der Anker bei Leerlauf synchron, so ist das Feld im Anker konstant und der Strom vollkommen umgerichtet, Gleichstrom. Wird der Anker belastet, so wird durch die Rückwirkung des Erregerankers das Feld im Kurzschlußanker langsam gedreht, es schlüpft und erzeugt hierbei in der geschlossenen Wicklung des Kurzschlußankers Arbeitsströme, welche es festzuhalten suchen. Die durch die Bürsten zugeführten Ströme erzeugen dann in jeder Stellung immer

wieder das Feld und die durch die Schlüpfung induzierten Arbeitsströme suchen es mit einer gewissen Zähigkeit in der jedesmaligen Lage gegen die Drehung festzuhalten und übertragen die Arbeit bezw. das Drehmoment vom Erreger auf den Kurzschlußanker. Dieselben Arbeits- oder Wattströme, wie im Schlußanker natürlich entgegengesetzt gerichtet, fließen im Stator, dagegen keinerlei Magnetisierungsstrom.

Um die Phasenverschiebung genau aufzuheben, muß natürlich der Strom, der zu den Bürsten fließt, reguliert werden. Dies geschieht durch Regulierwiderstände, die man in die Stromzuführungen legt. Man kann dann noch weiter gehen und schließlich durch Übererregung eine Phasenvoreilung erzeugen.

Welche Vorteile beim Motor die Kompensierung der Phasenverschiebung bedeutet, braucht wohl kaum erwähnt zu werden. Die Phasenverschiebung ist die bekannte unangenehme Eigenschaft des sonst in jeder Hinsicht so vorzüglichen asynchronen Drehstrommotors. Sie verbietet es in der Regel überhaupt, die Motoren direkt an Niederspannungs-Beleuchtungsnetze anzuschließen.

Ferner kann der Motor als Generator arbeiten und unabhängig von anderen Maschinen Strom liefern. Dabei ist er selbsterregend, wie eine Gleichstrommaschine, und jede Erregermaschine kommt in Fortfall. Die Wechselzahl ist hierbei nicht (wie bei der normalen Wechselstrommaschine) starr an die Tourenzahl gebunden, sondern bleibt je nach der Belastung etwas hinter der Geschwindigkeit des Rotors zurück. Seine Tourenzahl und Wechselzahl sind im Gegensatz zur normalen Wechselstrommaschine asynchron, und er kann mit anderen Generatoren parallel geschaltet werden, ohne vorher genau auf Synchronismus gebracht zu sein. Parallelschaltung und Parallelbetrieb derartiger Generatoren gestalten sich genau so einfach wie bei Gleichstrommaschinen, und alle die verschiedenen Schwierigkeiten, die im Parallelbetrieb an Wechselstrommaschinen bekannt sind, durch Ungleichförmigkeitsgrad der Antriebmaschine, Antrieb durch Explosions- und Gasmotoren, fallen hier fort. Die Sache eignet sich deshalb auch besonders zur Konstruktion großer langsam laufender Maschinen mit direkter Dampfmaschinenkupplung, deren Ungleichförmigkeitsgrad bekanntlich große Schwierigkeiten im Parallelbetriebe bietet und schwere Schwungmassen vorschreibt.

Figur 4 zeigt uns nun *die Wicklung eines* nach vorstehendem zuerst von der „Vereinigten Elektrizitäts-A.-G.“ nach Angaben des Herrn Dr. Breslauer *angefertigten asynchronen kompensierten Motors**).

---

*) Näheres siehe ETZ. 02. Heyland, Die ersten Versuchsresultate am kompensierten Asynchronmotor.

Der Motor ist ein normaler Dreiphasenmotor, 6-polig, 1000 Touren bei 100 Wechseln. Für die Versuche wurde er jedoch als Einphasenmotor geschaltet, indem man 2 Phasen der Sternschaltung wie beim Dreiphasenmotor hintereinander geschaltet ließ. Die dritte Phase wurde abgetrennt und ein Teil derselben für die Erregung benutzt. Auf diese Weise hatte man es in der Hand, durch Umschalten, Parallel- und Hintereinanderschalten verschiedener Windungen dieser Phase verschiedene Spannungen und Stromstärken zu erhalten und die Kompensierung beliebig regulieren und die günstigsten Verhältnisse ausprobieren zu können. Die Schaltung und die Abzweigung von der Erregerwicklung ist in Fig. 4 schematisch dargestellt. Die Abzweigungen führen dann durch 2 Bürsten zu dem Anker des Motors.

Der Anker ist als Gleichstrom-Serienanker gewickelt und trägt für die Zuführung des Erregerstromes einen kleinen Kollektor, dessen Lamellen durch induktionsfreie Verbindungen von niedrigem elektrischen Widerstande untereinander verbunden sind. Die Verbindungen sind rund um den Kollektor angebracht. Der Kollektor dieser Form stellt somit durch die Verbindungen der Lamellen einen vollkommenen in sich geschlossenen Ring vor. Diese Anordnung des Kollektorringes, bestehend aus einem Kollektor mit induktionsfreien Verbindungen zwischen den Lamellen, ist offenbar die denkbar günstigste. Sie gestattet die Benutzung der in jeder Hinsicht vorzüglichen modernen Stabwicklung des Schlußankers und bedingt trotzdem bei genügender Stabzahl nur geringe Dimensionen des Kollektorringes und geringe Bürstenverluste.

Der Motor arbeitet mit der Kompensation mit einem Leerlaufstrom von 3 Amp. und $\cos \varphi = 1$, ohne die Kompensation mit 15 Amp. und $\cos \varphi = 0{,}75$.

Figur 5. Als *kompensierter asynchroner Einphasenmotor* gestaltet sich das Schema des Heylandmotors in seiner praktischen Ausführung wie folgt.

Derselbe läuft unter Belastung bei normalem Stromverbrauch von selbst an und ist daher der schon lange gesuchte ideale Einphasenmotor.

Er besitzt 2 Wicklungen, eine Haupt- und eine Hilfswicklung in welche man Ströme verschiedener Phase sendet. Der Rotor ist dreiphasig gewickelt.

Die Hilfswicklung des Stators hat nur wenige Windungen und ein starkes Feld zu erzeugen, sodaß dieses stärker als das der Hauptwicklung ist. Beide Felder haben durch die Streuung große Phasenverschiebung.

Beim Anlauf des Motors sind durch den Ausschalter $x\,y$ der Hilfsphase beide Wicklungen parallel geschaltet. Die Bürsten der Schleifringe führen zu einem dreiphasigen Anlaßwiderstand, der in der gewöhnlichen Weise kurzgeschlossen wird. Sobald der Motor etwa seine halbe Tourenzahl erreicht hat, wird die Hilfsphase automatisch durch den Anlasser AW bei $x\,y$ ausgeschaltet.

III. Abschnitt.

Schaltung von Motoren bei Kranen und Hebezeugen.

Tafel 25.

Figur 1. Eine einfache *Anordnung* von „S. & H.“ *zum Anlassen und Bremsen von Gleitstrommotoren* wird derart ausgeführt, daß die zum Anlassen und zur Bremsung des Ankers *A* bestimmten Bewegungsbahnen 1—2 und 3—4 der Widerstandsschalter einander derartig übergreifen, daß bei gewissen Stellungen des Schalthebels Anlaß- und Bremswiderstand gleichzeitig eingeschaltet sind, eine Anordnung, durch welche der Übergang von der Arbeitszur Bremsschaltung ohne Stromunterbrechung bewirkt und gleichzeitig in der Arbeitsschaltung zur Erzielung geringerer Geschwindigkeit Widerstandsmaterial gespart wird.

Figur 2. Die *Steuerung eines Kranmotors*, wie die Firma „W. Lahmeyer“ diese gewöhnlich ausführt, unterscheidet sich von den in den folgenden Figuren ausgeführten dadurch, daß die Umsteuerung nicht im Anker sondern im Feldmagnet vorgenommen wird, wodurch das Schema sich wesentlich vereinfacht, da hier nur 9 Schleifkontakte am Kontroller nötig werden. In der Schaltung fließt der Strom von + durch die Funkenlöschspule *FSp* über *8* z. B. die Walzenschinen linker Hälfte nach 7, durch den Feldmagnet *N* nach *9*, nach der dritten Schiene von unten rechts und von hier über alle oberen Schienen nach *6* links durch *W* nach *1*, über Bremsmagnet *BM* zum Anker *A* und dem — Pol. In entgegengesetzter Drehung der Schaltwalze wird der Strom von *8* nach *9* und in entgegengesetzter Richtung durch *N* nach 7 geleitet. Der weitere Stromverlauf bleibt derselbe. Die abgestuften Walzenschienen vermitteln das stufenweise Abschalten der Widerstände beim Weiterdrehen der Walze.

Figur 3. Die Schaltung eines *Umkehranlaßwiderstandes für Nebenschlußmotoren* für Kran-, Fahrstuhl- usw. Betrieb, wie sie die Firma „S. & H.“ verwendete, stellt die Zeichnung vor.

Das eine Ende der Magnetspule des Motors *M* ist mit dem zum Stromwender *Strw* führenden Pol, das andere mit der Schiene *N* des Anlassers verbunden. Der zweite Pol des Netzes führt an Schiene *L*. Zwischen *L* und dem Kontakt *a* liegt ein Kohlenausschalter *KK* für den Erregerstrom nebst Funkenlöscherspule *M*. Die drei Arme des Schleifhebels sind leitend verbunden; ein vierter isolierter in dem Schema nur angedeuteter Arm dient dazu, beim Ausschalten der Nebenschlußwicklung d. h. Rechtsdrehen des Kontakthebels in die gezeichnete Stellung, mit einer Nase *n* die Kohlenkontakte *KK* auseinander zu ziehen. Vor dem Einschalten fallen dieselben dann wieder selbsttätig zusammen. Dieses Anlassen geschieht durch Drehen des Hebels in der Pfeilrichtung *e*. Es wird hierbei zunächst über *LN* die Erregung eingeschaltet, dann folgt in der punktierten Linie der Anker über seinen Widerstand, welcher bei Weiterdrehen des Hebels bis zum letzten Kontakt allmählich kurzgeschlossen wird. Beim Abstellen wird zuerst der Anker stromlos, dann wird der Magnetstrom über die Kohlenkontakte *KK* geleitet und beim Auseinanderziehen derselben durch *n* unterbrochen. Die Umkehrung der Stromrichtung geschieht durch Wendung des Ankerstromes mit *Strw*. In der Mittelstellung von *Strw* ist der Anker ausgeschaltet.

Figur 4. Einen *Umkehranlaßwiderstand für Drehkrananlagen**) nach der Ausführung der „Union E.-A.“ sehen wir in dieser Zeichnung. Die Verbindung der entsprechenden Leitungen, Widerstände usw. werden mit Hilfe je einer Schaltwalze für einen Motor hergestellt. In der Skizze sind diese Kontaktflächen, die den Mantel der zylindrischen Schaltwalze — *Kontroller* genannt — bilden, aufgerollt dargestellt und entspricht je eine Stellung der Walze den senkrecht punktierten mit 1, 2, 3 . . . bezeichneten Linien. Die links von der Walze befindlichen Kontakte 1, 2, 3, 4 . . . sind Schleifbürsten, welche bei Drehung der Walze die Kontaktbahnen mit den Zuleitungen verbinden. Vor den genannten Bürsten sind noch hier nicht angegebene Funkenlöscherspulen angeordnet. *Br* sind Bremsmagnete, *WW* die Anlaßwiderstände für die Motoren, die zum Heben und Senken der Last, bezw. zum Drehen des Krans in der einen oder der anderen Richtung dienen. Die entsprechenden Umsteuerungen erhält man durch Rechts- oder Linksdrehen der Schaltwalze. Die Schaltungen in den einzelnen Stellungen ergibt die Figur. Bemerkt soll noch werden, daß beim Einschalten des Motors durch den Elektromagneten *Br* die Bremsklötze des Ankers gelöst werden, während nach Ausschalten des Stromes diese sich wieder anpressen.

---

*) Für näheres Studium vergl. und siehe: Dr. F. Niethammer, Generatoren, Motoren und Steuerapparate für elektrisch betriebene Hebe- und Transportmaschinen, Berlin.

Tafel 26.

Figur 1. Bei *Laufkranen* verwendet man zur Erreichung der verschiedenen Funktionen gewöhnlich ein *Dreimotorensystem*. Die Anordnung zeigt eine solche Schaltung nach Ausführungen der Firma „Siemens & Halske". Es werden hierbei zum Fahren der Katze und des Laufkranes Hauptstrommotoren verwendet, während das Heben und Senken der Last mit einem Nebenschlußmotor bewirkt wird. Da nun in den meisten Fällen immer nur eine Bewegung zu einer Zeit ausgeführt werden soll, erhalten alle drei Motoren einen gemeinsamen Anlaßwiderstand *AW*, welcher für die Hauptstrommotoren verwendet, während das Heben und Senken der Last mit einem Nebenschlußmotor bewirkt wird. Da nun in den meisten Fällen immer nur eine Bewegung zu einer Zeit ausgeführt werden soll, erhalten alle drei Motoren einen gemeinsamen Anlaßwiderstand *AW*, welcher für die Hauptstrommotoren zur Hauptstromregulierung, für den Nebenschlußmotor zur Ankerstromregulierung verwendet wird; der Nebenschluß wird gleichzeitig mit dem Stromwender *e* für die Umkehrung des Ankerstromes eingeschaltet. *aa* sind die Stromwender für die Hauptstrommotoren. Vor der Inbetriebsetzung eines Motors muß *AW* immer erst ausgeschaltet werden, der Stromwender des vorher gebrauchten Motors in die stromlose Lage gebracht und dann der Stromwender des in Betrieb kommenden Motors entsprechend der Drehrichtung eingelegt werden: jetzt erst wird *AW* langsam kurzgeschlossen und dadurch der Motor in Gang gesetzt. Die entsprechenden Verbindungen gehen aus der Figur hervor. Ist *AW* für dauernden Stromdurchgang berechnet, was gewöhnlich geschieht, so kann damit die Tourenzahl der Motoren geregelt werden.

Figur 2. Es kann auch der Fall eintreten, daß für *Drehkrane* das *Dreimotorensystem* zur Anwendung gelangt, und zwar geschieht dieses, wenn der Drehkran nicht feststehend sondern, z. B. bei Hafenanlagen, fahrbar ist. Der Strom wird in diesem Falle von den über den Fahrschienen bezw. seitwärts derselben laufenden Drähten mit Rollen oder Schleifkontakten abgenommen. Diese Leitungen — *Trolley* — sind vom Netze abschaltbar und besonders gesichert, damit dieselben bei ruhendem Betriebe nicht unter Strom stehen. Vor und hinter der Teilung des Stromes zu den Motoren werden nochmals Sicherungen angeordnet. Die letzteren sind in dem Schema fortgelassen.

Die Zuleitung des Motors, der zum Drehen des Krans dient, wird ebenfalls über Schleifkontakte bewerkstelligt. Dieser Motor hat mit dem Fahrmotor Stromwender und Anlasser gemeinsam, da beide Motoren nie gleichzeitig im Betriebe sind; die Einschaltung des einen oder anderen geschieht durch entsprechendes Einlegen des zweipoligen Hebelausschalters HU_2. In den Stromkreis des Hubmotors ist zur Vermeidung der Überlastung ein

automatischer Starkstromausschalter *St* gelegt. Der Ausschalthebel *H* im Stromwender dieses Motors wird geöffnet, wenn nur das Heben der Last von letzterem bewirkt werden soll, das Senken geschieht dann bei losgekuppeltem Anker. Hierbei kann der Stromwender stets in der Stellung für „Heben" stehen bleiben und ist nur die Bedienung von *AW* notwendig. Der Stand des Bedienungsmannes ist auf dem Krane.

Tafel 27.

In nachstehenden Tafeln, 27—29, sollen einige Schaltungen der Firma „Helios" für Kranmotoren beschrieben werden.

Figur 1 zeigt das Schema eines *normalen Umkehranlassers — Kontrollers —* mit Hauptstrommotor. Der Stromverlauf läßt sich aus den einzelnen Stellungen *I*—*V* und *I'*—*V'* leicht verfolgen, sodaß eine Beschreibung desselben überflüssig sein dürfte. *Blsp* ist die Funkenlöschspule, *W* 2—6 die Widerstände des Anlassers. In

Figur 2 ist die Schaltung eines *Kontrollers mit je einer Bremsschaltung* (Stellung *b* und *b'*) *nach jeder Seite* wiedergegeben, wobei die Bremsung durch Kurzschließen des Motors über Widerstände bewirkt wird. Der Kontroller hat nur 10 Schleiffedern. Die Bezeichnungen sind dieselben wie in Fig. 1. Der Kopf der Schaltwalze ist, wie auch in Fig. 1 und den folgenden, unter dem Schema abgebildet. Die Schaltung dient gewöhnlich für Dreh- und Fahrmotoren.

Figur 3 und 4. Während Fig. 3 das *Schaltungsschema* dieses *Kontrollers* zeigt, dient Fig. 4 dazu, systematisch die einzelnen Schaltungsstufen der Reihenfolge nach zu erläutern. Die Schaltungen mit 5 Schaltstufen für Vorwärtsgang und einer Bremsstellung, sowie 2 Stufen für Rückwärtsgang mit Bremsstellung als Dynamo wird hauptsächlich *für Hebemotoren* angewendet, wobei der Vorwärtsgang zum Hub, der Rückwärtsgang zum Senken der Last gebraucht wird. In Fig. 4 ist die Schaltung deutlich erkenntlich, da die Buchstaben genau mit Fig. 3 übereinstimmen und so leicht die Schaltungsart gefunden werden kann.

Tafel 28.

Figur 1. In der vorstehenden Tafel wurde bei den Anlassern die *Bremsung des Motors* dadurch erreicht, daß dieser über einen Widerstand kurzgeschlossen als Dynamo arbeitete und so bremsend wirkte. In vorstehender Figur wie auch den übrigen wird die Bremsung mechanisch erreicht und beim Einschalten des Motors mittels eines *Bremslüftungsmagnetes Bm*, der im Nebenschluß liegt, die Bremse gelöst.

Dieser ist nun so ausgebildet, daß er mit hohem Anzug seinen Ankerkern einzieht und so die Bremse lüftet. Sobald er jedoch die höchste Stellung erreicht, wird automatisch durch den Hub ein Widerstand vor die Bremsspule geschaltet, da zum Festhalten des Ankers nur ein bedeutend geringerer Teil der Kraft nötig ist als zum Anziehen. Hierdurch wird der Stromverbrauch des Magnetes wesentlich vermindert.

Die vorstehende Schaltung hat je 4 Schaltungen für Vor- und Rückwärtsgang und je eine Bremsstellung (*b*, *b'*). Der Stromverlauf ist ohne weiteres klar, da die Bezeichnungen dieselben sind wie früher.

Figur 2. Die bisher beschriebenen Anlasser bezw. *Kontroller* dienten durchweg zur Betätigung von Hauptstrommotoren, wohingegen in den nachstehenden drei Figuren 2—4 solche *für Nebenschlußmotoren* beschrieben werden sollen.

Die einfachste Schaltung zeigt Figur 2 mit 4 Anlaßstellungen in jeder Richtung, wobei der Motor *M* allmählich über die vier Widerstände W_2—*6* angelassen wird. *Blsp* ist die Funkenlöschspule, *J* ein fixer Widerstand für den Nebenschluß, um genau die gewünschte Tourenzahl einstellen zu können. *MK* ist der Magnetkurzschließer, wenn der Motor ganz abgeschaltet wird. Der auftretende Extrastrom verläuft dann über den Hilfswiderstand *KM* schadlos. Vor Andrehen der Steuerwalze muß *KM* auf *M* eingeschaltet sein, wodurch die Verbindung zum Kontroller hergestellt und der Nebenschluß erregt wird.

Figur 3 gibt uns dieselbe Schaltung, nur daß für den Anlauf nach jeder Seite vier Schaltstellungen *I—IV* und *I'—IV'* vorhanden sind und ferner je eine Bremsstellung *b b'* das Weiterlaufen des Motors nach dem Ausschalten verhindert. Die Bremsung erfolgt, wie früher gesehen, dadurch, daß der Motor über Widerstand als Dynamo arbeitet. In der Schaltung

Figur 4 erfolgt die Bremsung nur in Stellung *b'* nach einer Seite. Der Rückwärts- bezw. Abwärtsgang als Hebemotor hat 3 Stellungen *I III IV*, der Vorwärtsgang bezw. Hub 5 Stellungen *I—V*.

Tafel 29.

Figur 1 und 2. Der für schwere Krane von „Helios“ verwendete *Kontroller für die Hubhauptstrommotoren* ist mit Bremslüftungsmagnet *y z* in der früher beschriebenen Ausführung ausgerüstet und hat 5 Hubstellungen, von denen die erste die Bremsstellung *b* ist, ferner für Senken 3 Bremsstellungen b^{1-3} und zwei Rückwärtsgangstellungen *II'* und *IV'*, sofern der Kranhaken ohne Last schnell abwärts gehen soll. Den einzelnen Stellungen Fig. 1 der

Steuerwalze und den daraus entstehenden Schaltungen entsprechen die Stellungen Fig. 2, aus denen die Aufeinanderfolge und Anordnung der Verbindungen deutlich zu erkennen ist. Die Bremsstellung beim Hub läßt sich nach Wunsch einstellen, je nachdem die mit *x* bezeichneten Felder der Steuerwalze mit Kontakten versehen werden. Über weitere Schaltungen und Erläuterungen verweisen wir auf Z. d. V. D. I. 02. Ernst, Hebezeuge, Industrie und Gewerbe-Ausstellung Düsseldorf 1902.

Figur 3. *Laufkran für 30 t Tragkraft mit elektrischer Ausrüstung von „Helios“.* Der Führerkorb des Kranes, dessen mechanischer Teil von *Stuckenholz,* Wetter, gebaut ist, ist von Anlaßapparaten ganz frei gehalten und enthält nur das Schaltbrett *VT* und die Steuerhebel, die für den Führer sehr bequem in der vorderen Öffnung liegen, so daß der Mann beim Arbeiten mit dem Kran sämtliche Handgriffe nebeneinander unmittelbar vor sich hat. Die Kontroller *DCBA* sind mit den Widerständen oberhalb des Korbes auf der Laufbühne liegend untergebracht und ermöglichen auf diese Weise, dem Korb die kleinsten Abmessungen zu geben.

Der Fahrmotor hat 35 PS und verfährt den Kran mit 80 m pro Minute. Er ist federnd gelagert, in der Weise, daß die Vorgelegewelle, deren Lager mit dem Motorgehäuse zusammengegossen sind, festliegt, und der hinten auf Federn gestützte Motor um diese Drehachse frei schwingen kann. Dadurch werden Stöße beim Anfahren nach Möglichkeit ferngehalten. Notwendig ist diese elastische Lagerung indessen nicht und bei den anderen Kranen von *Stuckenholz* auch nicht ausgeführt.

Außer der Hauptwinde von 30 t Tragkraft, die durch einen Motor von 30 PS getrieben wird, ist ein Hilfshebewerk für 7,5 t auf der Laufkatze untergebracht, das einen Motor gleicher Größe besitzt. Die Hubgeschwindigkeiten bei voller Belastung sind 2,7 bezw. 11 m pro Minute.

Die elektromagnetischen Lüftungsbremsen auf den Schneckenwellen sind als zweiseitig wirkende Backenbremsen ausgeführt, und zwar so, daß jede Backe für sich durch ein besonderes Gewicht betätigt wird. Auf diese Weise wird gleicher Bremsdruck auf beiden Seiten der Scheibe erzielt und außerdem größere Sicherheit gegeben für den Fall, daß die eine Hälfte versagen sollte, da ein Gewicht allein die Last zu halten vermag. Die beiden Gewichte werden durch denselben Magneten abgehoben.

Um zu hohes Aufziehen des Kranes nach Möglichkeit zu verhindern, ist die Vorgelegewelle mit Gewinde und einer wandernden Mutter versehen, die kurz vor der höchsten Stellung einen Kontakt *a a* schließt und durch ein Klingelzeichen den Kranführer warnt. Dasselbe geschieht, wenn die Katze sich ihren Endstellungen *b b* nähert.

Das Katzfahrwerk ist mit einem Schnecken- und einem Rädervorgelege versehen. Der 15pferdige Motor erteilt der Katze eine Geschwindigkeit von 40 m pro Minute, überhaupt ist die Fahrgeschwindigkeit des Kranes ziemlich hoch gewählt.

Bei der elektrischen Ausrüstung ist insbesondere hervorzuheben, daß auch hier wie Fig. 1 und 2 das Senken durch elektrische Bremsung geschieht. Die Schaltung der Kontroller braucht daher nicht besprochen zu werden, und es ist in Fig. 3 nur das Hauptschaltungsschema für den Kran gegeben, das nach den eingeschriebenen Angaben leicht verständlich ist. Die drei Motoren auf der Katze sind mit den in Nebenschluß gelegten Bremsmagneten an eine gemeinschaftliche Rückleitung angeschlossen. Demnach erfordert der Katzenmotor drei, die Hubmotoren wegen der Magnete je vier besondere Schleifleitungen, und außerdem wird eine Leitung für die Klingelkontakte *a* des Windwerks notwendig, so daß zusammen 13 Drähte gezogen werden müssen, die zwischen die Fahrbahnträger gelegt sind. Mit *b* sind auf dem Schema die von der Laufkatze betätigten festliegenden Läutekontakte bezeichnet.

Tafel 30.

Die Einrichtung eines *Dreimotoren-Laufkranes mit Kontroller* der „Union“, ausgeführt von der Benrater Maschinenfabrik, zeigt die vorliegende Schaltung.

Die beiden Leitungsdrähte *c R* in der Fahrbahn sind frei oberhalb des Kranes durch die ganze Halle gespannt und geben den Strom durch federnd angepreßte Rollenhebel nach der Kranbühne ab. Von den Anlassern verzweigen sich die Leitungen für den Fahrmotor und die Katzenmotoren über die Bühne. Das Schaltungsschema ist nach der Figur für alle drei Anlasser das gleiche mit einfacher Regulierbarkeit der Geschwindigkeiten durch die Widerstandsstufen der Schaltwalzen, die in der Zeichnung in üblicher Weise abgewickelt dargestellt sind. Die oberen Walzenschienen bestimmen die Laufrichtung des Motors, die unteren die einzelnen Anlaßstufen. Verfolgt man z. B. den Stromlauf für den Fahrmotor unter der Annahme, daß die Kontaktfinger der zugehörigen Schaltwalze beim Ansteuern auf die rechts benachbarten Walzenschienen übertreten, so gelangt der Strom von + durch den doppelpoligen Ausschalter *HA* und die Sicherungen *S* zu den Feldmagneten *E* des Fahrmotors, von dort über die Walzenschienen des Umschalters nach dem Motoranker, durchläuft dann die Funkenlöschspule *Fl* und den ganzen Anlaßwiderstand, bis er schließlich über die Brücken der beiden untersten Walzenschienen durch den doppelpoligen Ausschalter nach der —-Leitung abfließt. Im Verlauf der weiteren Drehung werden die Anlaßwiderstände in dem Maße der Reihe nach kurz geschlossen, wie die Kontaktfinger 2 bis 5 nacheinander auf die zugehörigen, stufenförmig gegeneinander versetzten Walzen-

schienen auflaufen. Die gleichzeitige Leitungsunterbrechung an mehreren Stellen im letzten Augenblick der Stromdurchführung beim Zurückdrehen der Schaltwalze in die Nullage beschränkt die Funken im Verein mit dem Funkenlöscher sehr wirksam. Die umgekehrte Schaltrichtung bringt die Kontaktfinger mit der andern Hälfte des Umschalters in Verbindung und leitet den Strom in entgegengesetzter Richtung durch den Anker, treibt also auch den Motor entgegengesetzt wie im ersten Fall an. Alles übrige bleibt gleich. Die Spule der elektromagnetischen Lüftungsbremse für den Windenmotor wird in den Stromkreis des Motorfeldes eingeschaltet. Die ganze Anordnung entspricht der Hauptmotorenschaltung, wie sie die Union E.-G. fast ausnahmslos ausführte.

Tafel 31.

Eine ebenfalls von der Benrater Maschinenfabrik mit Union-Steuerungsapparaten ausgeführte *Schaltanordnung einer als Laufkran ausgeführten Beschickungsmaschine mit vier Motorensystemen* soll nachstehend beschrieben werden.

Jeder der Motoren erhält einen Steuerschalter für 2 Bewegungsrichtungen mit Funkenlöschspule *FSp*, Widerständen *W*. Der Strom wird von der Verteilungsschalttafel *VS* über Sicherungen den einzelnen Motoren zugeführt. Der Fahrmotor fährt die ganze Bühne vor den Öfen entlang, der Katzenmotor schiebt die Kippmulde, in welcher das Beschickungsmaterial sich befinden, in den Ofen, bezw. zieht sie nach Umkippen und Entleeren derselben durch den Kippmotor wieder zurück, während der Hebemotor die Verstellung der Mulde in der Höhe bewirkt. Alle Motoren sind mit Bremslüftungsmagneten *BM* ausgestattet. Der Stromverlauf ist aus dem Schema ersichtlich.

Tafel 32.

Diese Tafel gibt einige *Steuerschalter* und diesbezügliche Schaltungen der *„A. E.-G.“* wieder. Die drehbare Steuerwalze ist aufgeschnitten und aufgerollt dargestellt. Die an ihr beseitigten Kontaktstücke sind schraffiert, während die ruhenden Kontakte und Bürsten schwarz sind. Die oberen Ziffern sind mit der Steuerwalze beweglich zu denken.

Figur 1 gibt einen *Steuerschalter für Hauptstrommotoren AM* wieder, die mit Bremslüftungsmagnet *Bm* ausgerüstet sind und für welche in jeder Bewegungsrichtung zwei Stellungen 1, 2 und 1′ 2′ vorhanden sind, in welchen der Motor als Kurzschlußbremse wirkt. *Bm* kann auch weggelassen werden, ohne daß sich die Schaltung ändert. *A* ist der Motoranker, *M* die Magnetwicklung, *Fsp* die Funkenlöschspule, *W* die Regulierwiderstände.

Figur 2 ist die *gleiche Schaltung* wie Fig. 1, nur daß die Bewegung durch die beiden *automatischen Endausschalter* selbsttätig begrenzt wird.

Figur 3 zeigt das *vereinfachte Schema* von Fig. 1 *ohne Bremsstellungen*. Alle Angaben für Fig. 1 treffen auch hier zu.

Figur 4 endlich ist ein *Gleichstromsteuerschalter der „A. E.-G." für Nebenschlußmotoren*. Die Schaltung entsteht aus den Schaltungen für Hauptstrommotore durch Hinzufügen besonderer Bürsten und Kontaktringe im oberen Teil der Steuerwalze, mittels deren der Widerstand NW in die Nebenschlußwicklung des Motors eingeschaltet und die Umdrehungszahl erhöht werden kann. Der Kontroller für Hubmotore hat 9 Stellungen für Heben 1′—9′ und zwei für Rückwärtsgang bezw. Senken 8, 9, während Senken der Last mit Bremsschaltung 1—6 bewirkt wird.

Tafel 33.

Figur 1. Bei *Laufkranen*, deren Laufkatzen und Hubmotore von einem *festen Führerstand* bedient werden, und deren Betriebskraft *Drehstrom* ist, gestaltet sich die Anordnung der Motoren beispielsweise folgendermaßen:

Von den gesicherten drei Trolleys, die in die Bewegungsrichtung des Laufkrans gespannt sind, wird der Strom mittels der gezeichneten drei Rollenkontakte (selbstverständlich ist jede andere Stromabnahme zulässig, die erwähnte jedoch der geringsten Abnutzung unterworfen) zunächst zu dem Fahrmotor geleitet. Derselbe ist mit Kurzschlußanker versehen, und wird mit einem einfachen Hebelumschalter HU_1 eingeschaltet. Auf dem Führerstand befinden sich noch die beiden Umschalter HU_2 und HU_3, die über eine fünffache Kontaktleitung 1, 2, 3, 4, 5, welche in der Fahrrichtung der Katze läuft, die Gehäusewicklungen der Motoren für Laufkatze (HU_2) und Hub (HU_3) der Drehrichtung gemäß einschalten. Eine Leitung (3) ist hierbei für beide Motoren gemeinsam. Die Kontaktleitungen 6—11 dienen zur Verbindung der am Führerstand angeordneten Ankerkurzschließer oder Anlaßwiderstände AW_1 für den Katzen- und AW_2 für den Hubmotor.

Soll der *Laufkran* mit *zwei Laufkatzen* ausgerüstet werden, so verdoppeln sich natürlich die Kontaktleitungen. Die dann entstehende Anordnung geht ohne weiteres aus der Figur hervor.

Diese sowie die früheren und späteren Kranschaltungen sind natürlich nur Beispiele nach geschehenen Ausführungen, die für jeden vorkommenden Fall modifiziert werden müssen. So werden besonders die Stärke der Apparate und Motoren insgesamt wie das Verhältnis zueinander ganz von der jeweilig geforderten Kraftleistung bezw. Schnelligkeit der Bewegungen abhängig sein.

Figur 2. Ein *Schaltschema für* die Anordnung von Drehstrommotoren und Apparaten auf einem feststehenden *Drehkran*, wie es die Firma „Kolben & Co.", Prag ausgeführt hat, ist durch die Zeichnung erklärt. Die einzelnen Motoren

werden vom Führerstand, der an der Drehbewegung nicht teilnimmt, gesteuert. Die Drehung des Kranes geschieht ohne elektrischen Antrieb. Infolge der festen Anordnung des Führerstandes müssen die Zuführungen zum Hubmotor sowie die Verbindung des Ankers dieses Motors mit dem Anlasser UAW_2 mit Schleifkontakten versehen sein. Das Einschalten der Motoren sowie die Steuerung der Drehrichtung geschieht ohne weiteres mit Hilfe der Umkehranlaßwiderstände UAW_1 und UAW_2, welche, vermöge der innerhalb der Ankerwiderstandskontakte liegenden Schleifbahnen, zwei Phasen des Erregerstromes vertauschen, je nachdem der dreiarmige Hebel rechts oder links gedreht wird. Zum Anlassen dienen je drei Kontakte, die untereinander sinngemäß verbunden sind; der nächste Kontakt ist ein Anschlagkontakt und verhindert ein Weiterschalten des Hebels. Der Stromlauf in den einzelnen Stellungen ergibt sich aus dem Schema; erwähnt sei jedoch noch, daß nur zwei Hebel (die in der Zeichnung nach unten zeigenden) mit Schleiffedern für die Wechselung des Gehäusestromes versehen sind.

Tafel 34.

Nachdem wir jetzt eine Reihe von Kranschaltungen von Gleichstrommotoren kennen gelernt haben, wollen wir zur Besprechung von *Drehstromkontrollern* übergehen. Bezüglich der von der Firma „Helios" verwendeten Steuerungen entnehmen wir einem Aufsatze von W. Ephraim folgendes.

Der Drehstrommotor, der sich durch seine mehrfachen technischen Vorzüge während kurzer Zeit in allen Zweigen der Industrie ein Feld erworben hat, machte in der ersten Zeit nicht unerhebliche Schwierigkeiten, um allen Ansprüchen in bezug auf Steuerfähigkeit zu genügen. Allein die immer vorwärts treibenden Anforderungen, welche die Verwendung des Drehstrommotors auf allen Gebieten der Kraftübertragung mit sich brachte, haben auch hier erfolgreiche Konstruktionen gezeitigt, durch welche heutzutage die Frage der Steuerungen von Drehstrommotoren etwa in dem Umfange, wie sie für den elektrischen Kranbetrieb verlangt wird, als praktisch gelöst anzusehen ist.

Von den vielen in Frage kommenden Steuerapparaten hat sich bekanntlich für Gleichstrom die Kontrollerform allgemein Bahn gebrochen und nach dieser Richtung hat die *Helios Elektrizitäts-A.-G.* von vornherein ihre *Drehstromsteuerungs-Apparate* ausgebildet.

Die wesentlichen Vorzüge, wie auch beim Gleichstromkontroller, sind außer der magnetischen Funkenblasung folgende:

1. Es tritt für jede Schaltstellung ein neuer Kontaktfinger in Tätigkeit.
2. Die Unterbrechungsstellen sind voneinander durch feuersichere Wände getrennt.

Bei Drehstromkontrollern ist nun die magnetische Funkenblasung unmöglich, aber auch garnicht so nötig, da die gefährlichen Selbstinduktions-

funken nicht auftreten. Es bleiben die beiden anderen Vorzüge bestehen, welche auch für die Ausführung eines soliden Apparates ausreichend sind.

Figur 1. Das *allgemeine Schema eines umsteuerbaren Drehstromanlassers* in die Form des Kontrollerschemas ergibt das in Fig. 1 dargestellte Bild. Es ist leicht einzusehen, daß die Länge des Apparates wesentlich durch das untere Walzenstück bedingt ist, und man übersieht sofort, daß der Apparat bei breiteren Kontakten für große Stromstärken und bei Vergrößerung der Stufenzahl eine ungewöhnlich lange Form erhält.

Deshalb wurde ein Kontroller (D. R.-P.) konstruiert, welcher in

Figur 2 im Schema dargestellt ist. Wie aus dem Schema ersichtlich, beruht die *Verkürzung* darin, daß die Kontaktfinger in 2 Reihen angeordnet sind, wodurch es möglich ist, die Höhe des Apparates fast auf die Hälfte zu verringern und dabei doch denselben Effekt zu erzielen.

In Fig. 2 dient wieder, wie in Fig. 1, das obere Walzenstück zur Steuerung des Stators und das untere zur Steuerung des Rotors. Das letzte ist es, welches dem Apparat den erwähnten Vorteil der Verkürzung gibt. Die Buchstaben *a*—*k* bestimmen die Schnitte der Walze.

Man ersieht daraus, daß für jede Fahrrichtung beide Walzenhälften gleichzeitig benutzt werden, nur haben die korrespondierenden Kontakte beim Reversieren verschiedene Funktionen, indem z. B. im Schnitt *e* das Kontaktstück neben 7 bei der Linksdrehung der Walze zum Vorschalten des Gesamtwiderstandes der Phase *I* zwecks Anlassen des Motors dient und bei der Rechtsdrehung den Widerstand der Phase *III* für den Vollauf des Motors kurzschließt. In Phase *II*, d. h. in dem Schnitt spielt sich dieser Vorgang innerhalb der Phase ab.

Verfolgt man jetzt die Funktion des Apparates, indem man die Walze von rechts nach links über die Kontakte streifen läßt, so verbinden sich in Stellung I 3 und 2, 4 und 5 und 1 und 6 im Statorstromkreise. Im Rotorstromkreise wird 7, 11 und 15 kurzgeschlossen. Bei weiterer Bewegung der Walze werden die Widerstände bis zum Kurzschluß des Rotors abgeschaltet.

Zum Reversieren bewegt man die Walze von links nach rechts; Finger 5 und 1 vertauschen hierbei ihre Walzenstücke. Die rechts gezeichneten Finger sollen die Übersicht erleichtern.

Der Vorteil dieses Systems beruht, wie gesagt, in einer erheblichen Verkürzung des Apparates und kommt deshalb besonders bei großen Stromstärken zur Geltung.

Figur 3. Eine weitere *Vereinfachung von Drehstromkontrollern* gibt E. Klein in der E.T.Z. 02.

Hierbei sind eine Anzahl Widerstände *W* fest unter sich in Sternschaltung oder Dreieckschaltung und mit einem Schleifringe des dreiphasigen Rotors verbunden und werden nacheinander durch den Kontroller mit den zwei anderen Schleifringen des Rotors so verbunden, daß sie in Parallelschaltung zueinander gelangen; zuletzt wird der Rotor kurzgeschlossen.

Man kommt auf diese Weise mit zwei, voneinander isolierten, einfachen Stufenschaltern aus. Die Zahl der erforderlichen Schaltringe, Kontaktfinger und Zuleitungen beträgt bei 7stufigem Widerstande nur je 18.

Die Ersparnis an Schaltringen (und Kontaktfingern) im Vergleich zur üblichen Anordnung beträgt 6, allgemein $(n-2)$, die an Zuleitungen 9, allgemein $(n+1)$ oder $33\,^1/_3\,\%$.

Die Ersparnis an Leitungen ist namentlich dann beträchtlich, wenn, wie bei Hebezeugen und Motorwagen fast immer unvermeidlich, die Widerstände von den Kontrollern und Motoren getrennt montiert werden müsen; der Vorteil fällt um so mehr ins Gewicht, als die Rotorspannungen mit Rücksicht auf geringen Raum für Isolation meist gering gehalten werden und sich deshalb hohe Rotorströme ergeben.

Die hier bei der neuen Schaltung stets vorzunehmende Parallelschaltung der Widerstandsstufen macht bei richtiger Dimensionierung durchaus keine Vermehrung des Widerstandsmaterials erforderlich; dagegen können die Querschnitte der Zuleitungen zu den Widerständen beträchtlich verringert werden, da nur Teilströme darin fließen.

Figur 4. *Kontroller, bei welchen die Einschaltung des Ständers und der Wechsel der Phasen zwecks Umkehr der Drehrichtung des Motors zwangläufig mit der Regulierung des Läuferkreises verbunden* ist, können weiter dadurch vereinfacht werden, daß der Läuferkreis dauernd durch den größten Anlaßwiderstand geschlossen wird. Die erste Anlaßstufe wird also durch Einschalten des Stators erreicht. Fig. 4 zeigt das Beispiel eines solchen Kontrollers mit der neuen Schaltung für Kranzwecke mit 6 symmetrischen Anlaßstufen.

Tafel 35.

Sind *mehrere Drehstrommotoren* für eine Leistung *durch einen gemeinsamen Kontroller zu regulieren* (wie z. B. beim Betriebe von Bahnen), so können ebenfalls die Läufer der Motoren durch je einen Widerstand dauernd geschlossen bleiben. Durch Einschaltung der Ständer nacheinander erhält man dann auf sehr einfache Weise einige Anfahrstufen mehr.

In der Figur ist das Schema des Kontrollers für einen solchen Fall gegeben. Es sind hier drei Drehstrommotoren von gleicher Leistung angeordnet. Die Regulierung der Geschwindigkeit geschieht in 6 Abstufungen durch Schalten

von Widerständen in die Rotorkreise der Motoren, während die ersten 3 Stufen I, II, III vorwärts das allmähliche Einschalten der Leistung bewirken sollen.

Die 4 Stufen für „Rückwärts" I—IV sind zum Rückwärtsfahren und zum Bremsen mit Gegenstrom bestimmt, jedoch nur für geringe Geschwindigkeit; denn für die Fahrt des symmetrisch gebauten Wagens in umgekehrter Richtung dient ein zweiter Kontroller am anderen Ende.

Es ist nun durch Anwendung der neuen Schaltung und der oben erwähnten weiteren Vereinfachungen möglich, das ganze neunstufige Schaltwerk für drei Motoren auf zwei Schaltwalzen unterzubringen, welche zwangläufig miteinander gekuppelt, durch Handhebel bedient werden können. Die Zahl der gesamten Leitungen, welche im Kontroller münden, beträgt 41.

Für die Ein- und Ausschaltung der drei Motorgehäuse ordnete man elektromagnetische Funkenbläser an, deren Schaltung aus dem Schema Fig. 5 ersichtlich ist.

Tafel 36/37.

Obwohl in den letzten und den folgenden Tafeln nur Drehstrommotorenkrane beschrieben worden, bringen wir an dieser Stelle die von W. Küppers im ETA. 04 besprochene *Beschreibung eines von der „Union E.-G." mit Gleichstrommotoren ausgerüsteten und betriebenen Riesenkranes,* weil zum Verständnis der Vereinfachung der Schaltung d. h. der Verwendung von einem Kontroller für verschiedene Motoren immerhin eine gewisse Übung gehört und durch die vereinfachten Drehstrom-Kontroller der Leser jedenfalls tiefer in das Wesen der Kranmotorenschaltungen eingedrungen sein wird.

Die Probelast für den Kran beträgt 200 t, die Stromart zum Betrieb der Motoren ist Gleichstrom von 440 Volt.

Jede der beiden Katzen 1 und 2 hat 2 Hubmotoren $H_{1, 2, 3, 4}$, wovon jeder 52 PS leistet, sowie einen Katzenfahrmotor F_1 und F_2, welcher 16 PS abgibt. Die beiden Hubmotoren werden durch einen Serien-Parallelkontroller $H_{1\text{ u. }2}$, $H_{3\text{ u. }4}$ gesteuert, der Katzenfahrmotor durch einen Kontroller F_1 und F_2, welcher für Grenzschaltung eingerichtet ist. Jeder Hubmotor erhält außerdem einen Bremsmagneten *Bm*, während für den Katzenfahrmotor auch ein Magnet *Bm* vorgesehen ist.

Sämtliche Katzenmotoren *F,* sowie auch der Drehmotor *Dr* sind Hauptstrommotoren. Die Steuerung erfolgt für sämtliche 7 Motoren von einer Stelle. Wie bereits erwähnt, werden beide Hubmotorenpaare $H_{1\text{ u. }2}$, $H_{3\text{ u. }4}$ von einem Serien-Parallelkontroller gesteuert, so daß, um sämtliche Bewegungen, wie Heben, Senken, Fahren der Katze und Drehen des Kranes ausführen zu können, 3 Steuerapparate erforderlich sind. In Wirklichkeit sind jedoch 6 Kontroller vorgesehen, wovon je 3 auf jeder Führerhausseite

angeordnet sind, so daß der Maschinist 2 Stände und so stets die Last vor Augen hat, je nachdem er auf der einen oder andern Seite arbeitet.

Die Stromzuführung geht durch den hohlen Drehzapfen zu einem Schleifkontakt *Sl*. Von hier fließt der Strom mittels Kabel nach dem Führerhaus zu einer Schalttafel, von welcher die 3 Stromkreise nach dem Kontroller führen. Um den Katzenmotoren in jeder beliebigen Stellung Strom zuführen zu können, sind an dem Ausleger entlang und zwar an den inneren Seiten 13 Schleifleitungen k_{1-13} angeordnet, von denen die Motoren auf der Katze den Strom entnehmen.

Da die 6 Katzenmotoren mit dem zugehörigen Kontroller die sämtlichen Drehbewegungen mitmachen, so sind außer den erwähnten 13 Schleifleitungen keine weiteren besonderen Anordnungen nötig. Dagegen erfordert der Strom für den am Fuße installierten Drehmotor *Dr* 4 besondere Schleifringe *Sl*, weil der Motor an den Drehbewegungen nicht teilnimmt.

Erwähnenswert ist die eigenartige Anordnung, welche hier zur Bedingung gemacht wurde und wohl noch nirgendwo zur Ausführung gebracht worden ist, nämlich, daß ein Manövrieren mit ein und derselben Katze nur zu ein und derselben Zeit möglich ist und daß sich diejenige Katze, mit welcher nicht gearbeitet wird, in der Endstellung befinden muß, um als Gegengewicht zu wirken. Zu diesem Zweck wurde an beiden Enden der Ausleger je ein einpoliger Spezialschalter *Sch*, Sch_1 angeordnet, welcher dauernd unter Strom steht, wenn der Stromschluß für die beiden Katzen in ihren äußersten Stellungen erfolgt ist. Außerdem trägt jede Katze einen Grenzschalter $gs_1\, gs_2$ für Unterbrechung des Katzenfahrstromkreises in den äußersten Stellungen. Die Schaltung ist nun derart angeordnet, daß beim Fahren der einen Katze in die Endstellung der Strom für den Katzenfahrmotor durch den Grenzschalter unterbrochen wird, während gleichzeitig der Strom für die beiden Hubmotoren der andern Katze geschlossen wird.

In welcher Weise dieser Vorgang, sowie auch der Stromverlauf während des Steuerns vor sich geht, ist in dem Schaltungsschema zum Ausdruck gebracht.

Die Motoren H_1 und H_2 sind die Hubmotoren und F_1 der Fahrmotor für die rechte Laufkatze, welchem die Kontroller $H_{1\text{ u. }2}$ und F_1 zugehören; H_3 und H_4 sind die beiden Hubmotoren der linken Laufkatze, F_2 der Fahrmotor, denen die Kontroller $H_{3\text{ u. }4}$ und F_2 zugehören. *Dr* ist der Drehmotor für den Kran, welcher die beiden Kontroller Hw_1 und Hw_2 als Steuerorgane hat.

Der Strom gelangt mittels der beiden Schleifringe R_1 und R_2 an der Säule *Sl* durch die beiden Leitungen 120 und 121 nach dem Führerhaus zur Schalttafel, von wo die Verteilung in 3 Stromkreise stattfindet. Verfolgen wir den Stromverlauf beim Schalten des Kontrollers $H_{1\text{ u. }2}$ für die Hubmotoren so geht der Strom, nachdem der Führer die Steuerwalze von der Ausschalt-

stelle in die Stellung I gebracht hat, von der +Schiene durch Leitung 109, der zweiten kleinen Kontrollerwalze (welche ihre Bewegung durch die Hauptwalze erhält), Leitung 66, Kontaktleitung k_7, Leitung 67, Klemme k_4 des Motors H_2, durchströmt den Anker und geht weiter über Leitung 68, Kontaktleitung k_8, Leitung 69, durch die kleine Kontrollerwalze, Leitung 70 nach Kontaktleitung k_6, den Bremsmagneten *Bm*, die Magnetspulen bei S_5 und S_4, erregt diese, weiter nach Kontaktleitung k_{12}, Leitung 71, durch die Funkenbläserspule und nach Stromfinger 5 der Hauptwalze; da hier jedoch keine Verbindung nach der Walze besteht, so geht der Strom weiter durch die ganze rechte Widerstandsgruppe *W* nach Punkt 74, Leitung 75, Stromfinger 2, die Kontaktschienen, weiter über Stromfinger 6 und 12 nach Stromfinger 8, weiter durch Leitung 76 nach Punkt 73, durch die ganze linke Widerstandsgruppe *W* über Leitung 79 nach Stromfinger 11 und von hier wieder weiter nach der Funkenbläserspule, Leitung 81, Kontaktleitung k_{11}, dem Bremsmagnet *Bm* durch die Magnetspulen S_3 und S_1, erregt diese, von hier weiter über Kontaktleitung k_{13}, Leitung 82 nach dem unteren Umschalter, Leitung 83 nach Kontaktleitung k_{10}, Leitung 84 nach der Ankerklemme k_1, durchströmt den Anker nach k_2, Leitung 85, Kontaktleitung k_9, Leitung 86 nach der Hauptwalze und Stromfinger 1 der Hauptwalze und von hier weiter über Leitung 88 nach dem geschlossenen Schalter *Sch* und von hier endlich über Leitung 89 nach Punkt 90, Leitung 91 zum — Pol der Schalttafel zurück. Die beiden Motoren befinden sich somit in Hintereinanderschaltung und durch weiteres Drehen der Hauptwalze bis in die 5. Stellung findet ein stufenweises Abschalten der Widerstandsgruppen *W* statt, so daß die beiden Motoren ihre größte Geschwindigkeit in der Hintereinanderschaltung annehmen. Um denselben eine höhere Tourenzahl zu geben, findet jetzt Parallelschaltung statt und zwar sobald der Führer die Hauptkontrollerwalze in die Stellung VI bringt.

Bei der Parallelschaltung bleibt der Stromverlauf derselbe, nur mit dem Unterschiede, daß der Strom, nachdem er den Motor H_2 und die eine Widerstandsgruppe *W* passiert hat, nicht nach dem zweiten Motor H_1, sondern von Stromfinger 2 nach Stromfinger 1 und von hier weiter in der vorhin angegebenen Weise über Leitung 88 und Schalter *Sch* zum — Pol der Schalttafel zurückgeht.

Der zweite Motor H_1 erhält einen Parallelstrom vom Stromfinger 8, Leitung 76, Widerstandsgruppe *W*, Leitung 79, der Funkenbläserspule und von hier weiter in der bereits angegebenen Weise durch den Anker und Magnetspulen des Motors H_1, um sich bei Stromfinger 1 mit dem Strom des andern Motors zu vereinigen und gemeinsam mit demselben über den Spezialschalter *Sch* nach dem — Pol der Schalttafel zurück zu laufen. Durch weiteres Drehen der Kontrollerwalze erreichen die beiden Motoren ihre Höchst-

geschwindigkeit in der Parallelschaltung durch stufenweises Abschalten der beiden Widerstandsgruppen *W*.

Sollen die beiden Hubmotoren in anderer Richtung laufen, entsprechend der umgekehrten Lastbewegung, so wird dies durch die kleine Walze des Kontrollers herbeigeführt, während die Hauptwalze in gleicher Richtung gedreht wird wie vorhin.

Um eine Erklärung des Stromverlaufs für den Katzenfahrmotor zu geben, diene der Motor F_1 mit dem zugehörigen Kontroller F_1, welch letzterer gegen den vorhin beschriebenen Kontroller H_1 eine Veränderung in der Konstruktion insofern zeigt, als hier zwei Schalthälften auf der Walze für vorwärts und rückwärts angebracht sind, die Umkehrung also nicht durch die kleine Walze allein erfolgt.

Nachdem die Hauptwalze von Stellung 0 in Stellung I gebracht wird, geht Strom von der + Schiene an der Schalttafel nach Stromfinger $+ a$ des Kontrollers nach Leitung 92 nach Kontaktfinger j_2 der kleinen Walze, jetzt über Kontakt i_2, n_2, Stromfinger, Leitung 93, Kontaktleitung k_4 nach der Ankerklemme k_6, durchströmt den Anker in der Richtung nach k_5, von hier weiter über Kontaktleitung k_5, Leitung 96 über Stromfinger, Kontakt m_2, Stromfinger s_2, Funkenlöschspule *Blm* nach Stromfinger *c* der Hauptwalze, Punkt 99, durch die ganze Widerstandsgruppe R_1, nach Punkt 103, Stromfinger *j*, Schiene *w* und *x*, Stromfinger *l*, Leitung 102, Kontaktleitung k_2, über den geschlossenen Grenzschalter gs_1, durch die Magnetspulen S_7 und S_6, den Bremsmagneten *Bm*, Kontaktleitung k_1, Leitung 103 nach dem geschlossenen Schalter und von hier weiter über Leitung 89, 90 und 91 nach der — Schiene an der Schalttafel zurück. Durch Drehen der Walze in die Stellungen II, III .... VIII gelangt der Motor durch Abschalten der Widerstände R_1, auf seine volle Tourenzahl.

Zur Umkehrung der Drehungsrichtung dient die andere Hälfte der großen und kleinen Walze. Der Stromverlauf läßt sich nach dem vorher Gesagten ohne weiteres verfolgen, sodaß eine Besprechung nicht erforderlich ist.

Was den Krandrehmotor anbelangt, so dürfte es sich hier erübrigen, noch eine besondere Besprechung der Schaltung zu bringen, welche sich bei Verfolg der Leitungen ähnlich ergibt, wie diejenige des zuletzt beschriebenen Katzenfahrmotors, weil Motor und Kontroller gleicher Anordnung sind. Es tritt nur ein Unterschied insofern ein, als die 4 zum Motor gehenden Leitungen über 4 besondere Schleifringe R_3, R_4, R_5 und R_6 geführt sind, weil der Motor nicht an der Drehung mit teilnimmt.

Wie weiter aus dem Schaltungsschema ersichtlich ist, sind die Kontroller, welche zusammen auf einen Motor arbeiten, mit den Leitungen untereinander verbunden.

Die Schaltung für die beiden Hubmotorenpaare ist so getroffen, daß, wenn ein Motor defekt wird, der Betrieb mit einem Motor weitergeführt werden kann, allerdings mit einer kleineren Geschwindigkeit. Zu diesem Zweck sind bei dem Kontroller an der kleinen Walze 4 Kontakte vorgesehen, welche unter Verstellung der oberen Walzenhälfte durch die Verbindungen kurz geschlossen sind. Allerdings darf in solchem Falle die Hauptwalze nur bis in Stellung V gedreht werden. Es ist somit in betreff Betriebssicherheit alles in Frage kommende vorgesehen, was in bezug auf die bei einer Betriebsstörung herbeigeführten Unkosten von größter Bedeutung ist.

Tafel 38.

Figur 1. Die Firma „*W. Lahmeyer* Frankfurt" besorgt *das Umsteuern von Drehstrommotoren* ebenfalls *mit Schaltwalzen* und sollen nachstehend in Fig. 1 bis 3 drei verschiedenen Ausführungen beschrieben werden.

Von den 15 Stromfingern 1—15 in Fig. 1 führen die 6 unteren 10—15 den Strom aus dem Netz zu dem in Sternschaltung geschalteten Stator des Motors *D, E, F* und vermitteln je nach der Drehrichtung der Schaltwalze die Umsteuerung der Drehrichtung. Der Rotor hat 3 Schleifringe, welche mit den Klemmen *a, b, c* der in Dreieckschaltung angeordneten Anlaßwiderstände verbunden sind. Die Widerstandsausschaltung übernehmen die Stromfinger 1—9 mit den zugehörigen Schaltwalzensegmenten. Der größte Widerstand *I—IV* liegt ständig vor dem Anker und wird letzterer beim Anlaufen nur durch Parallelschalten weiterer Widerstände *W* angelassen.

In Stellung 1 gelangt der Ankerstrom von der Klemme *a* über *I, II, III, IV* durch den Widerstand bei *IV* nach *b* und der Strom von *b* nach *c* über den mittleren Widerstand, während der untere Widerstand *a* mit *c* verbindet. In den Schaltungen 2, 3, 4 werden dann allmählich in jede Phase gleichzeitig Parallelwiderstände eingeschaltet und der Widerstand vermindert, in Stellung 5 eine und Stellung 6 alle 3 Phasen kurzgeschlossen.

Die Stellungen für Rücklauf entwickeln sich in derselben Weise.

Figur 2 zeigt *dieselbe Schaltung nur mit eingebauten automatischen Endausschaltern,* welche in Wirkung treten, sobald die vom Motor angetriebene Winde und dergl. in ihrer Endstellung angekommen sind. Hierbei werden gleichzeitig zwei Leitungen unterbrochen, damit der Motor nicht als Einphasenmotor weiterlaufen kann.

Figur 3. Ein weiteres *Schaltungsschema* stimmt im Grundgedanken mit *Figur 1* überein, *nur* ist die *Gruppierung der Widerstände eine andere.* Die Widerstandsverteilung ist unter der Annahme, daß die drei Widerstandsspulen alle untereinander gleich sind und mit *W* bezeichnet werden, für die 6 Schalt-

stufen gezeichnet. Entsprechend den Verhältnissen müssen die einzelnen Spulen jedoch verschieden groß gewählt werden.

Figur 4 stellt das *Schaltsystem eines fahrbaren Drehkranes mit Drehstrombetrieb* nach Anordnung der A. E. G. dar. Die Stromzuführung geschieht durch die Schleifringe *Sch*, welche an der Drehsäule angebracht sind. Von hier geht der Strom über Hebelausschalter *H*, Sicherungen *SS* einmal links zum Drehmotor über Gehäuseanlasser $G_{1,2,3}$ mit Ankeranlasser A_{1-3}, das andere Mal zum Hubmotor rechts mit Bremsmagnet *Bm* über Gehäuseanlasser *AW* mit G_{1-3}. Zum Ankeranlassen dient A_{1-3}.

Tafel 39.

Vorstehende Tafel gibt das *Gesamtschema eines Laufkrans mit Drehstrombetrieb nach dem Dreimotorensystem* wieder und zwar nach Ausführungen der Firma „Kolben & Co.“.

Eine ausführliche Erklärung dürfte sich nach den bisher angeführten Schaltungen erübrigen; erwähnenswert ist nur die Regelung der Geschwindigkeit des Hubmotors, welche durch Polumschaltung, von der wir bereits früher sprachen, herbeigeführt wird. Hierdurch wird die Leistungsfähigkeit des Kranes auf das äußerste gesteigert, indem vom Führerstand aus mit einem einzigen Handgriffe die Geschwindigkeit reguliert werden kann und zwar im vorliegenden Falle von 375 auf 750 kgm.

Der Polumschalter ist mit dem zugehörigen Umkehranlasser mechanisch gekuppelt, sodaß die Pole nur dann umschaltbar sind, wenn sich der Anlasser in der Ausschaltstellung befindet.

Tafel 40.

Die *Anordnung eines Dreimotoren-Laufkransystems* nach Ausführungen der „A. E. G.“ ist derart ausgeführt, daß von einem Führerstande aus die Anlasser oder Kontroller *HK, KK, KFK* für den Hub-, Kranfahr- und Katzenfahrmotor bedient werden können. Der Hubmotor *Hm* ist mit Bremslüftungsmagnet versehen um ein schnelles Stillstehen der Last zu erreichen. Näheres ergibt das Schema, bei dem die bisherigen Bezeichnungen beibehalten sind.

IV. Abschnitt.

Spezielle Schaltungen in Beleuchtungsanlagen.

Tafel 41.

Figur 1. Als *Schaltung der Glühlampen* wird gewöhnlich die Parallelschaltung verwendet, weil hierbei beim Durchbrennen einer Lampe nur diese ausgeht, während bei der Hintereinanderschaltung immer die ganze Serie verlöscht. Sind ferner die Lampen nicht genau auf denselben ohmischen Widerstand abgeglichen, so brennen dieselben verschieden hell. Daher ist die Lampenspannung immer gleich der Netzspannung. In Ausnahmefällen greift man allerdings auch zur Hintereinanderschaltung, so z. B. bei Krankenzimmeranlagen, wo einmal eine Lampe mit der Netzspannung hell brennt, das andere Mal die Lampe mit einer solchen für gleiche Spannung und Lichtstärke hintereinander geschaltet wird und dann beide zur Dämpfung des Lichtes nur mit halber Netzspannung brennen. Ferner ordnet man auch kleine Kerzenlampen von niedrigerer Spannung hintereinander an, weil diese meistens infolge technischer Schwierigkeiten nicht für höhere Netzspannungen (z. B. 220 Volt) gebaut werden. Für 110 Volt sind jedoch sehr gute Kerzenlampen am Markte und ist es daher vorteilhafter diese parallel als mehrere Niederspannungslampen hintereinander zu schalten.

Von dem Hauptstromkreise sind in dem Schema einzelne Nebenstromkreise abgezweigt, und in diesen verschiedene Schaltungsarten ausgeführt. Für die Zahl der in einem Zweigstromkreise hinter den Sicherungen *SS* angeordneten Lampen sind die Vorschriften des V.-D.-E. zu beachten.

Der Schalter 1 kann abwechselnd die drei zugehörigen Glühlampen einund ausschalten. Man verwendet diese Einrichtung z. B. bei Hotelzimmern, wo es darauf ankommt Licht zu sparen, und nur immer an einem Punkte solches notwendig ist. Der Bewohner kann daher nie beide oder alle drei Lampen gleichzeitig brennen. Schalter 2 dient zum Schalten einer, Schalter 3 zum Schalten dreier gleichzeitig brennender Lampen. Mit 4 werden drei hintereinander brennende Glühlampen, mit 5 abwechselnd zwei und zwei Glühlampen in Betrieb gesetzt. 6 korrespondiert mit 4, bei 7 liegt der

Schalter entfernt von den Glühlampen z. B. bei Beleuchtung von Kellertreppen usw. Die Glühlampen 8 haben ihren Ein- und Ausschalter in der Fassung — Hahnfassung — eingebaut. Die gezeichneten Schalter sind alle einpolig, dieselben können jedoch auch durch doppelpolige ersetzt werden, wobei der auf der anderen Seite der Glühlampe liegende Verbindungsdraht dann durch den zweiten Schalterkontakt unterbrochen wird. Bei gleichzeitiger Ausschaltung von mehreren Glühlampen oder bei Lampen in feuchten Räumen usw. ist dieses sogar sehr empfehlenswert bezw. Vorschrift, damit die Lampe auch nicht einseitig unter Strom bleibt, da bei weniger guter Isolation bei zufälligem Berühren elektrische Schläge stattfinden können (s. Anhang Bd I: Behandlung Verunglückter).

Figur 2. Soll *eine Glühlampe von zwei Stellen ein- und ausgeschaltet* werden, so bedient man sich der beiden Umschalter *U*. Der eine Pol des Netzes führt zur Glühlampe und von dieser zu dem festen Kontakt des einen Umschalters. Der zweite Pol direkt zum festen Kontakt des anderen Umschalters. Die Schaltkontakte 1, 1 und 2, 2 sind miteinander verbunden. Man gebraucht daher für diese Schaltung drei Drähte. An Hand der Zeichnung können wir jetzt sehen, daß wir mit beiden Umschaltern, die beliebig weit voneinander entfernt sein können, die Glühlampe ein- und auszuschalten vermögen. Für Durchgangs-, Korridor- und Schlafzimmerbeleuchtung wird diese Schaltung fast regelmäßig angewendet.

Figur 3. Für *Treppenbeleuchtungsanlagen* mit beliebiger *Schaltung von jedem Stockwerke* aus verwendet man eine besondere Umschalterkombination. Es werden hierzu im ganzen von Paterre *P* bis IV. Stock vier Leitungen gebraucht, die, wie Zeichnung angibt, verbunden sind. Der eine Pol des Netzes führt direkt zu den 5 Lampen, der andere zu dem in der Portierstube *K* angebrachten dreipoligen Umschalter, dessen Stellungen 1 = ausgeschaltet, 2 = Betrieb von 10 Uhr Abends bis Morgens, 3 = Betrieb von Dunkelwerden bis 10 Uhr Abends bedeuten: die mit Kontakt 3 verbundene Leitung führt daher direkt zum zweiten Pol der Lampen. Dieser Draht ist gleichzeitig mit dem festen Kontakt von Umschalter *IV St.* verbunden, um in Stellung 2 des unteren Umschalters bei *K* den Srom über die einzelnen Stockwerksschalter zu den Glühlampen zuzuführen. Im Parterre und IV. Stock sind einfache Umschalter, im I., II. und III. Stock sogenannte „Polwender" angebracht. In der gezeichneten Sellung würden die Lampen brennen. Wir können jetzt von einem beliebigen Stockwerk die Lampen aus- und von einer anderen Stelle wieder einschalten, wenn der Schalter beim Portier auf 2 steht: dieser letzte Schalter kann ev. fortfallen, jedoch ist das Einschalten dann auch am Tage möglich, wie ebenfalls ein Ausschalten während der polizeilich festgesetzten Zeit für die Treppenbeleuchtung von Unberufenen stattfinden

kann. Es ist daher zweckmäßig, den Schalter beizubehalten. Nun kann es jedoch vorkommen, daß von einem Mieter die Beleuchtung beim Nachhausekommen versehentlich brennen gelassen, und unnötig Strom verbraucht wird. Dies hat zur Verwendung der Tafel 52 beschriebenen Treppenautomaten geführt. Immerhin funktionieren diese Apparate selten zur Zufriedenheit und sind vielen Störungen ausgesetzt, sodaß die erwähnte Schaltung vorzuziehen ist.

Empfehlenswert sind jedoch auch einfache Zeitkontakte, bei denen beim Einschalten gleichzeitig eine Feder gespannt wird. Diese wirkt auf ein kleines Räderwerk, dessen Geschwindigkeit durch einen Windflügel geregelt wird. Ist das Werk abgelaufen, schaltet sich der Schalter wieder aus.

Figur 4. *Bei mehrflammigen Kronen* wird man gewöhnlich zur *Gruppenschaltung* greifen, da die Lampen an der Krone nicht alle gleichzeitig brennen sollen und ein Ausschalten einzelner Lampen derselben infolge der Höhe zu umständlich oder durch die Konstruktion (geschlossene Schalen) nicht möglich ist. Je nach der Stellung des Schalters in dem Schema können abwechselnd zwei, drei oder alle fünf Lampen brennen.

Die A.-E.-G. verwendet außerdem einen Schalter, der unten in den Knopf der Krone eingebaut werden kann, und mit dem ein Ab- oder Zuschalten der *einzelnen* Lampen möglich ist.

Tafel 42.

Figur 1. Abweichend von ihrer eigentlichen Verwendungsart als Leuchkörper kann die *Glühlampe* zufolge ihres Stromverbrauchs auch *als Belastungswiderstand* für die Prüfung von Dynamomaschinen und Zählereichungen verwendet werden.

Nehmen wir eine Betriebsspannung von 110 Volt an, und setzen in den skizzierten Apparat 13 × 8 = 104 Glühlampen à 32 Mk. ein, so gibt die Gesamtzahl bei einem Wattverbrauch von 3,1 Watt pro Normalkerze rot. 100 × 104 Watt = 10,400 Kw = *rot.* 95 Ampère bei 110 V. Man kann natürlich auch Glühlampen jeder beliebigen Kerzenzahl benutzen und dadurch die einzelnen Stufen sowie die Gesamtbelastungsgrenze erhöhen oder erniedrigen. Das Einschalten wird nun folgendermaßen vorgenommen. Man schließt zunächst Schalter 1, dann 1_1, wodurch 8 Lampen in den Stromkreis gelegt sind; dann Schalter 2, der abermals 8 Lampen einschaltet; dasselbe wiederholt man in der Reihenfolge 2_1, 3, 3_1 usw., ist man an der Grenze der Leistungsfähigkeit der Maschine angekommen, so kann man durch Aus- und Eindrehen einzelner Glühlampen die Stromstärke von Ampère zu Ampère regulieren. Die einzelnen Stromkreise sind gegen Kurzschluß durch die Sicherungen *SS* . . . geschützt.

Figur 2. Will man auf einer in ihrer Längsrichtung weit ausgedehnten Strecke, z. B. an einer Bahnanlage oder dergl., *Glühlichtbeleuchtung* in der Weise anwenden, daß die Lampen auf den ganzen Weg verteilt sein sollen, so würde man bei Parallelschaltung zufolge des Spannungsabfalles sehr starker Leitungen benötigen und die Anlage dadurch verteuern. Man greift daher in diesem Falle zur *Hintereinanderschaltung* von Glühlampen und Betrieb mit hoher Spannung. Um nun beim Verlöschen einer Lampe gegen die Stromunterbrechung gesichert zu sein, könnte man parallel zur Lampe angelegte automatische Kurzschließer verwenden. Infolge eines solchen Kurzschließens würde aber die Gesamtspannung steigen und beim Ausgehen mehrerer Lampen könnte die auf die übrigen noch brennenden sich verteilende Spannungserhöhung diese schädlich beeinflussen. Ferner geht man beim Bau von einzelnen Gleichstrommaschinen nicht gerne über eine Spannung von 500—800 Volt, weil dann eine Isolierung der Ankerdrähte usw. schwierig ist und ein Feuern an den Bürsten auftreten kann, weil der Spannungsunterschied zweier benachbarter Lamellen zu groß wird, wenn man nicht verhältnismäßig viel Lamellen in den Kollektor einbauen will.

Aus diesen beiden Gründen muß man zum Wechselstrom greifen, der einmal in jeder beliebigen Spannung normal bis 20000 Volt und höher direkt erzeugt oder transformiert werden kann, und bei dem uns ein Hilfswiderstand in Gestalt einer Drosselspule zur Hand ist. Eine derartige Anordnung zeigt das Schema.

Die *Drosselspulen D*, deren Leitungswiderstand fast Null ist, werden infolge der in ihnen bei Wechselstrom auftretenden Selbstinduktion nicht vom Strome durchflossen, sondern der Strom wählt den induktionsfreien parallelen Weg durch die Glühlampe. Erlischt nun die Glühlampe, bezw. wird dieselbe unbrauchbar, so muß der Strom jetzt durch die Spule fließen und wird „gedrosselt“, d. h. es wird Spannung in der Spule vernichtet. Es können daher beim Verlöschen mehrerer Glühlampen keine schädlichen Überspannungen eintreten. In größerer Ausdehnung ist diese Schaltung von der „Helios E. A. G.“ Cöln zur Beleuchtung des Kaiser Wilhelm-Kanals angewendet worden.

Figur 3. Den in der Figur wiedergegebenen *Fernschalter* benutzt man *bei Straßenbeleuchtungen*, Zentralen, auf einzelnen Gehöften zur plötzlichen Beleuchtung entfernt liegender Punkte und dergl. Der Vorteil desselben geht daraus hervor, daß man in diesen Fällen nicht eine nach dem betreffenden Stromverbrauche und Spannungsabfall zu bemessende besondere Einschalteleitung notwendig hat, sondern die Beleuchtungsapparate, bezw. Glühlampen, auch kleine Motoren für Pumpen und dergl. direkt von dem in der Nähe befindlichen Leitungsnetz speist, und nur den zur Magnetisierung der Elektromagneten Em_1 und Em_2 nötigen Strom durch die Fernleitung fließen läßt.

Es ist zweckmäßig für jeden einzelnen Fall, *Em* auf Grund des bei der gegebenen Ampèrezahl in der Fernleitung auftretenden Spannungsverlustes zu berechnen.

Der Apparat wird nun in der angegebenen Weise angeschlossen. Drückt man jetzt auf den Druckknopf *De*, so tritt der Elektromagnet Em_1 in Wirksamkeit, zieht den Hebel an und schließt die Kontakte *CC*. Der über dem Hebel angeordnete Sperrhaken hält diesen solange fest, bis durch einen Druck auf *Dd* Em_2 magnetisiert wird und den Sperrhaken hochzieht. Jetzt wird der Hebel durch die Feder *s* zurückgezogen und schaltet die Glühlampen aus. Durch besondere Verbindung der Endleitung der Spule Em_2 kann diese nur arbeiten, wenn der Kontakthebel eingeschaltet ist; sobald dieser zurückschnellt, ist auch die Verbindung der Fernleitung mit dem Netz unterbrochen.

Tafel 43.

Figur 1. Eine Zwischenstellung zwischen den in ihrer Schaltung beschriebenen Glühlampen und den später angeführten Bogenlampen nimmt hinsichtlich Ökonomie und Lichintensität die *Nernstlampe* der A. E. G. ein.

Schon seit Jahren bemühten sich die Techniker vergeblich, ein Material ausfindig zu machen, das die Kohlenfäden der bisherigen Glühlampen an Hitzebeständigkeit überträfe. Es war bekannt, daß man auch mit Glühlampen einen höheren Wirkungsgrad erzielen kann, wenn man die ihnen zugeführte Energiemenge vergrößert; aber der niedrige Verdampfungspunkt der Kohle verursacht bei hoher Beanspruchung der Kohlenleiter ihre baldige Zerstörung, gleichviel ob kurze dicke Kohlenbügel oder lange dünne Fäden benutzt werden.

Professor Nernst war durch die Erfindung des Auerlichtes auf den Gedanken gekommen, die große Feuerbeständigkeit der Metalloxyde der seltenen Erden, die in der Gastechnik solch eminente Fortschritte gezeitigt hatten, auch für die elektrische Beleuchtung nutzbar zu machen. Eine große Anzahl von Versuchen brachten Professor Nernst zu dem Resultat, daß man aus bestimmten Metalloxyden Körper herstellen könne, die zwar bei gewöhnlicher Temperatur genau so vorzüglich isolieren, wie die meisten feuerbeständigen Erden, die aber, sobald sie auf nur 600 bis 800° C erwärmt wurden, merklich zu leiten begannen. Ja, sie wurden bei Weißglut zu so vorzüglichen Leitern, daß sie bei niedrigen Spannungen als Lichtquellen benutzt werden konnten, in gleicher Weise wie die Kohlenfäden der Glühlampen.

Infolge ihrer höheren Hitzebeständigkeit gestatten sie aber eine so beträchtliche Steigerung ihrer Temperatur, daß sie für die Einheit der zugeführten Energiemenge doppelt soviel Licht geben wie die Kohlenfäden der Glühlampe und trotzdem eine praktisch zulässige Gebrauchsdauer zeigen, sofern die zugeführte Spannung konstant ist.

Sie brauchen überdies nicht in einen luftleeren Raum eingeschlossen zu werden, da sie als Metalloxyde nicht wie die Kohlenfäden vom Sauerstoff der Luft beim Glühen zerstört werden.

Nach den Patenten von Professor Nernst werden die von ihm vorgeschlagenen Metalloxyde, vornehmlich Thoroxyd und Zirkonoxyd und die damit verwandten seltenen Erden wie Yttriumoxyd, Ceroxyd u. s. f. zu feinen Stäbchen oder dünnen Röhrchen geformt, ihre Enden werden mit den aus Platin bestehenden Zuleitungen umwickelt und die Umwickelungsstellen mit einer Paste bedeckt, die aus dem gleichen Material besteht wie die Stäbchen oder die Röhrchen selbst.

Solche Körper sind, wie schon erwähnt, im kalten Zustande Isolatoren, sie beginnen erst bei 600° den Strom wahrnehmbar zu leiten. Um sie als Lichtquellen benutzen zu können, muß man sie also zunächst auf 600° erhitzen.

Dies geschieht durch die Vorwärmung des Leuchtkörpers durch eine elektrische Heizvorrichtung, die den Leuchtkörper umgibt; sobald der Leuchtkörper leitet, wird die Heizvorrichtung durch die elektromagnetische Wirkung des Leuchtkörperstromes entfernt und dabei gleichzeitig stromlos gemacht. Die heute gebräuchlichen Nernstlampen haben einen feststehenden Heizkörper, der aus einem 10 bis 20 cm langen, etwa 1 mm starken Stäbchen aus porzellanartiger Masse hergestellt wird. Ein solches Stäbchen wird mit einem äußerst feinen Platindraht in Spiralform umwickelt und dann mit einer dünnen Schicht feuerfesten Materials überzogen, die den Platindraht festhält.

Leuchtkörper und Heizvorrichtung sind in der gezeichneten Weise anf dem Brenner *B* befestigt. Der Strom tritt durch den Lampensockel ein und geht über Kontakte durch die Heizspirale zum andern Pol. Sobald nun der Glühkörper leitend wird, fließt durch ihn ein Parallelstrom über Magnet *M* und Vorschaltwiderstand *W*. Magnet *M* zieht den Anker an, an dem sich Kontakt *c* befindet und die Heizspirale wird stromlos. Der Brenner leuchtet jetzt weiter, da derselbe durch den Stromdurchgang in hoher Temperatur gehalten wird.

Figur 2. Zum Verständnis der später aufgeführten *Bogenlampenschaltungen* ist es notwendig, die innere Wirkungsweise der Bogenlampen selbst zu kennen.

Hinsichtlich ihrer elektrischen Schaltung, die uns besonders interessiert, unterscheiden wir 3 Arten:

1) *Hauptstromlampen* (Figur 2).
2) *Nebenschlußlampen* (Figur 3).
3) *Differentiallampen* (Figur 4).

Die Erklärung der Konstruktion des mechanischen Teiles der Lampen müssen wir hier übergehen*), es soll jedoch erwähnt werden, daß derselbe Hand in Hand mit der elektromagnetischen Wirkung der Spulen *H, N, HN* das Nachschieben der durch Abbrand verkürzten Kohlenstifte besorgt, während die Regulierung des Lichtbogens einzig und allein durch die Wirkung der einen Anker *E* beeinflussenden Spulen geschieht.

Das Prinzip der *Hauptstromlampe* (Figur 2) ist folgendes. Nehmen wir an, an einer Spiralfeder *SpF* sei ein Eisenkern *E* schwebend aufgehängt und in diesem Eisenkern befinde sich die Dochtkohle eingesteckt; im ruhenden Zustande reicht diese mit dem positiven Strompol über die Hauptstromspule *H* verbundene Dochtkohle auf die negative Homogenkohle herunter. (Die Spule *H* liegt hiernach im Hauptstromkreise, daher Hauptstrombogenlampe.) Wird jetzt der Strom geschlossen, so zieht die Spule *H* infolge ihrer magnetisierenden Wirkung den Eisenkern *E* an und zwischen den Kohlen bildet sich ein Lichtbogen. Hierdurch wird augenscheinlich ein Fallen der Stromstärke bewirkt, die Kohlen nähern sich wieder und die Stromstärke steigt, bis die Lampe infolge der hierbei auftretenden Gegenwirkung in der Spule *M* eine konstante Stromstärke erreicht hat. *Die Lampe reguliert daher auf Stromstärke.* Infolge dieser Eigenschaft eignet sich dieselbe nur für Einzelschaltung, d. h. bei Schaltung mehrerer Lampen werden diese parallel zueinander angeordnet.

Figur 3. Die Einschaltung des Lichtbogens erfolgt hier durch die Wirkung der im Nebenschluß zum Lichtbogen liegenden Spule *N* auf den Anker *E*. — *Nebenschlußlampe.* — Stellen wir an den bezeichneten + und — Punkten eine Verbindung mit einer Stromquelle her, so wird der Strom zunächst nur die Spule *N* durchfließen. Hierdurch wird *E* angezogen und der Hauptstromkreis über die Kohlen geschlossen; sowie dieses geschehen ist, fällt die Spannung im Stromkreis, die Stromstärke in der Spule *N* daher ebenfalls und der Lichtbogen verlängert sich mit dem sinkenden Eisenkern *E*. Jetzt steigt die Spannung wieder im Stromkreis + —, demzufolge *N* höhere Spannung erhält und *E* anzieht usw., bis bei einer bestimmten Spannung (ca. 40 Volt) die Spulenwirkung und Lichtbogenspannung das Gleichgewicht halten.

Wir sehen, daß die *Nebenschlußlampe* daher *auf konstante Spannung reguliert*, daher eignet sie sich am vorteilhaftesten für reine Parallelschaltung; man verwendet dieselbe jedoch auch zur Gruppenschaltung zu je zweien hintereinander unter Benutzung eines Beruhigungswiderstandes, der gleichzeitig zum Einregulieren der Stromstärke dient.

Figur 4. Die *Differentiallampe* stellt *die* Vereinigung der beiden vorher besprochenen Lampen dar. Ihre Wirkungsweise ist folgende: Nehmen wir

*) Weiteres siehe: Körting & Matthiesen: „Das Bogenlicht", Biscau: „Die Bogenlampe", u. a.

an, die Kohlen sind voneinander entfernt, so wird die Nebenschlußspule *N* infolge der hohen Spannung und steigenden Stromstärke *F* anziehen und die Kohlen zusammenbringen. Ist dieses geschehen, so tritt Spule *M* bei zu hohem Strom im Hauptstromkreise in Wirkung und entfernt die Kohlen voneinander, gegen die zu hohe Spannung im Lichtbogen arbeitet aber wieder Spule *N*. Durch die Differentialwirkung der beiden Spulen wird der Lichtbogen konstant erhalten und *sowohl auf Spannung wie auf Stromstärke reguliert.*

Man schaltet die Differentiallampe daher vorzugsweise in beliebiger Zahl hintereinander, obwohl natürlich die Parallelschaltung ebensogut vorgenommen werden kann. Für Serienanlagen, die nachstehend beschrieben werden, wird noch eine besondere Vorrichtung an den Lampen nötig, da sonst beim Abbrennen einer Kohle alle Lampen ausgehen würden.

Figur 5. Nach den vorstehenden Prinzipien kann man sowohl Gleich- wie Wechselstromlampen bauen. Eine besondere Ausführung des *Regelwerks für Wechselstromlampen* ist jedoch die u. a. von der „Helios E.-A.-G.“ gebaute *Wechselstrom-Motorbogenlampe*, welche auf dem Prinzip der Induktionswirkung beruht.

Beim Einschalten reguliert die Lampe nahezu auf die vorgeschriebene Stromstärke und Spannung in der Weise, daß eine drehbare Aluminiumscheibe *K*, die von zwei Elektromagnetpaaren *H* und *N* eingeschlossen wird, in ihrer Drehrichtung von diesen beeinflußt wird. Das Magnetsystem *H* wird vom Lampenstrom (Hauptstrom) durchflossen, das System *N* von einem der Lampenspannung proportionalen Strom. Die Lampe ist also eine Differentiallampe. Beide Systeme üben auf die zwischen ihren Polen leicht rotierend angeordnete Metallscheibe ein in Richtung entgegengesetztes Drehmoment aus. Überwiegt demnach die Wirkung der Spulen *H*, d. h. ist der Lampenstrom zu hoch, so bewegt sich die Scheibe in Richtung des Pfeilers bei *N*; überwiegt die Wirkung der Spulen *N*, so erfolgt die Drehung in entgegengesetzter Richtung. Durch ein geeignetes Räderwerk erfolgt die Übertragung dieser Bewegung der Metallscheibe auf die Kohlenstäbe der Lampe, wodurch ein Nähern oder Entfernen der Kohlenstifte erfolgt.

Figur 6. Bei den *Intensivflammenbogenlampen* der A. E.-G.*) ist der Reguliermechanismus im wesentlichen der gleiche wie bei den sonstigen Bogenlampen für Gleich- bezw. Wechselstrom. Die Anordnung der unter einem spitzen Winkel nach abwärts geneigten Kohlenstifte und deren gleichmäßiger Vorschub wurde in einfachster Weise dadurch ermöglicht, daß außer den beiden Hauptführungsstangen um 90° versetzt zwei Führungsrahmen für die Kohlenhalter bezw. die Kohlenstifte angeordnet wurden. Der zwischen

*) Siehe ETZ. 1903. J. Zeidler: Intensivbogenlampen der A. E.-G.

den beiden Hauptführungsstangen gleitende und an der Laufwerkkette aufgehängte Schlitten erhält einen Querbalken, auf welchen nun wiederum die beiden Kohlenhalter aufgehängt sind. Da mit dem Kohlenvorschub infolge der Winkelstellung der Kohlenstifte eine Seitwärtsbewegung der Kohlenhalter eintritt, so sind diese zur Verminderung der Reibung mit Gleitrollen versehen. An den beiden Hauptführungsstangen ist ferner der Reflektor mit einer möglichst feuerfesten Einlage angeordnet. Bei der Intensivflammenbogenlampe für Gleichstrom genügt nun der beschränkte Hub infolge des spitzen Winkels, welchen die Kohlenstifte bilden, nicht, um eine zur Lichtbogenbildung genügende Trennung der Kohlenspitzen herbeizuführen und wurde deshalb der Führungsrahmen der negativen Kohle in der Grundplatte drehbar gelagert und nach oben hin mit einer Verlängerung versehen, welche in das Lampenwerk hineinragt. Durch Anordnung eines auf einer Säule drehbaren Kniehebels und eines Mitnehmers am Laufwerk nimmt der Rahmen an der Bewegung des Ankers in der Richtung des Hauptstrommagneten so teil, daß bei Stromdurchgang eine Trennung der Kohlenspitzen und mithin Lichtbogenbildung stattfindet. Der Kohlenvorschub erfolgt nach Auslösung des Laufwerkes durch das Gewicht des Führungsschlittens. Das freie Kettenende ist in eins der seitlichen Rohre geleitet und endigt hier in einer Gleitstange mit seitlich durch das geschlitzte Rohr vorstehendem Knopf, an welchem die Kohlenhalter vor dem Einsetzen der Kohlenstifte durch Zug aufwärts bewegt werden.

Tafel 44.

Figur 1 und 2. Für Beleuchtungszwecke, welche eine Brennzeit von 16—18 und mehr Stunden unbedingt erfordern, fertigt die A. E.-G. sowohl *Bogenlampen* (Fig. 1 Gleichstrom), *als auch Intensivflammenbogenlampen* (Fig. 2 Wechselstrom) als *Doppelkohlenlampen* an, bei welchen die Zündung und der Vorschub des zweiten Kohlenpaares selbsttätig nach dem Abbrande des ersten Kohlenpaares erfolgt.

Die Lampen bestehen aus 2 mechanisch unabhängig voneinander arbeitenden Differentialwerken. Elektrisch sind dieselben, wie aus Figur 1 und 2 ersichtlich, so geschaltet, daß der Hauptstrom nach Eintritt in die Lampe an der einen Klemme die Hauptstromwicklungen beider Systeme in Serie durchfließt und dann seinen Weg durch das eine oder andere Paar Kohlenstifte zur zweiten Lampenklemme nimmt. Die Nebenschlußwicklungen sind beide parallel zum Lichtbogen geschaltet. Die Spulen sind also sämtlich stromdurchflossen, obgleich jeweils nur ein Lichtbogen gebildet wird. Hierdurch ist allerdings ein um wenige Watt größerer Eigenverbrauch der Lampe gegenüber einfachen Lampen vorhanden. Man erreicht aber durch diese Schaltung eine größere Betriebssicherheit, als wenn man Schaltmechanismen, welche

nach dem Abbrande des einen Kohlenpaares die Wicklung des zweiten Kohlenpaares einschalten, anwendet.

Praktischer Weise wird die eine Lampenhälfte bei normaler Stromstärke so einreguliert, daß die Auslösung des Hemmwerkes bezw. der Kohlenvorschub erst bei 1 bis 2 V höherer Lichtbogenspannung erfolgt, als dies bei der anderen Lampenhälfte der Fall ist. Da die Hauptstromspulen von ein und demselben Strome durchflossen werden, beide Nebenschlußwicklungen an ein und derselben Spannung liegen, so erfolgt naturgemäß solange nur der Nachschub der Kohlenstifte des einen für niedrigere Lichtbogenspannung einregulierten Werkes, bis die Kohlen abgebrannt sind und ein weiterer Nachschub aus mechanischen Gründen nicht mehr erfolgt. Die Lichtbogenstrecke vergrößert sich dann durch den weiteren Abbrand und die Lichtbogenspannung steigt, bis die Auslösung des zweiten Hemmwerkes bezw. der Nachschub des zweiten Kohlenpaares beginnt. Infolge des Kurzschlusses bei der Zündung des letzteren verlischt dann der erste Lichtbogen. Absolut notwendig ist jedoch eine dauernd unterschiedliche Lichtbogenspannung nicht. Man kann bei Gleichstrom die Justierung durch Wahl der Magnetpolflächen auch so treffen, daß der Anker des einen Werkes nur zum ersten Anzug eine etwas höhere Lichtbogenspannung benötigt als der andere, im übrigen aber die Auslösung bei gleicher Lichtbogenspannung erfolgt.

Der schnellere Abbrand der Effektkohlen steht offenbar mit der höheren Lichtausbeute insofern in Zusammenhang, als der intensivere Verbrennungsprozeß eine höhere Spitzentemperatur zur Folge haben muß.

Figur 3. Will man bei einer reinen Bogenlichtanlage an Leitungsmaterial und Anlagekosten sparen, so verwendet man eine höhere Spannung und demzufolge die *Serienschaltung von Differentiallampen.* Hätten wir z. B. sechs Bogenlampen (in der Praxis verwendet man die nachstehende Reihenschaltung von ca. 4 Lampen aufwärts), wie Zeichnung zeigt, hintereinander geschaltet, so würden wir eine Betriebsspannung von $6 \times$ rd. $40 = 240$ Volt haben; der Spannungsabfall in der Leitung von 300 m Entfernung betrage bei einer Stromstärke von 8 Ampère und 10 qmm Drahtquerschnitt $\frac{2 \cdot 300 \cdot 8}{60 \cdot 10} = 8$ Volt; da wir nun noch vorteilhaft 12 Volt in den Regulierwiderstand *RW* legen, erhielten wir eine Maschinenspannung von $240 + 8 + 12 = 260$ Volt. *Die Spannung in solchen Anlagen wird nun jedoch immer nur für die Zahl der brennenden Lampen ein Anzeiger sein, während die Regulierung derselben nach einem Ampèremeter zu geschehen hat.* Da nun beim Ausschalten bezw. Kurzschließen einer Lampe die Gesamtspannung im äußeren Stromkreise vermindert wird, würde die Stromstärke normal in demselben steigen. Es empfiehlt sich daher als Stromerzeuger die Serienmaschine zu verwenden,

welche bei konstanter Tourenzahl gleiche Stromstärke halten würde, vorausgesetzt, daß die von der kurzgeschlossenen Bogenlampe vorher verbrauchte Spannung durch einen Hilfswiderstand ersetzt wird und der äußere Stromkreis gleichen Widerstand behält.

Die Einrichtung eines solchen *Kurzschließers K*, wie ihn alle größeren Elektrizitätsfirmen bauen, zeigt Figur 3. Die Stromzuführungen werden bei 1 (+) und 3 (—) angelegt. Die Bogenlampe wird bei 2 mit + und 3 mit — verbunden. Durch die Wirkung des mit Spannungs- und Stromstärkewindung versehenen Elektromagneten *E* wird der Hebel *H* in der Richtung *e* angezogen. Bei Unterbrechung des Lichtbogens durch Abbrand der Kohlen oder sonstige Störung stellt *H* nach Sinken auf *a* über den Widerstand *W* einen Nebenschluß zur Bogenlampe her, wodurch der Betrieb nicht gestört wird und der Verbrauchswiderstand konstant bleibt.

Figur 4. Bei der *Serienschaltung von Wechselstromdifferentiallampen* verfährt man in derselben Weise, wie bei Hintereinanderschaltung einer größeren Anzahl von Glühlampen, indem man parallel zur Bogenlampe eine Drosselspule *Sp* anordnet. Das Nähere geht aus der Zeichnung hervor.

Die Magnete der Wechselstromlampen werden zur Vermeidung von Wirbelströmen aus einzelnen isolierten Eisenblechen hergestellt. Die Wirkungsweise der Lampe beschreiben wir in Tafel 43 Fig. 5.

Tafel 45.

Figur 1. Bei einer Anlage von *110 Volt Spannung* sollen *zwei Bogenlampen* à 10 Ampère *hintereinander* brennen. Die Bogenlampenspannung beträgt pro 10 Ampère-Lampe ca. 41 Volt: für zwei Lampen demnach 82 Volt und wären daher 110 — 82 = 28 Volt zu vernichten; hierzu müßte der Widerstand $W = \frac{28 \text{ Volt}}{10 \text{ Amp.}} = 2{,}8$ Ohm (s. Tafel 99, Figur 1) betragen. Wir erhielten daher an Hand der im Anhang angeführten Tabelle über Widerstandsdrähte unter Berücksichtigung der maximal zulässigen Stromstärke bei einem Drahtdurchmesser von 1 mm für Nickelindraht 2,8 : 0,51 Ohm = rd 5,5 m Draht.

Die Ausschaltung der Bogenlampen geschieht vorschriftsmäßig durch einen doppelpoligen Ausschalter, der für die Dauerstromstärke bemessen ist, weil bei einpoliger Ausschaltung der eine Pol der Lampen unter Strom steht, was bei der Bedienung hinderlich werden kann, wenn die Isolation der Anlage nicht eine ganz vollkommene ist. Die Sicherungen sind für $1\frac{1}{2}$fache Stromstärke berechnet, da beim Zünden der Lampe momentan die Stromstärke höher ist, als beim regulären Betrieb.

In der erwähnten Weise werden natürlich bei einer Spannung von 220 Volt 4—5 Lampen hintereinander geschaltet und die Überspannung durch einen Widerstand, wie vor, vernichtet. Gleichzeitig dient dieser Widerstand auch zur Beruhigung bei der Regulierung. Man kann jedoch auch häufig den besonderen Widerstand *W* dadurch vermeiden, daß man den Ohmischen Widerstand 2,8 Ω in die Leitung verlegt. Haben wir z. B. bei 110 Volt zwei 10 Ampèrelampen brennen und beträgt die Länge der Leitung 672 m bei 4 qmm Querschnitt, so erhalten wir einen Spannungsabfall von $\frac{672 \cdot 10}{60 \cdot 4} = 28$ Volt $= \frac{28}{10} = 2{,}8$ Ohm. Es ist dies sogar zu empfehlen, weil die Kupferleitung keinem merklichen Temperatur- und daher Widerstandswechsel unterworfen ist.

Figur 2. Schaltet man *eine Bogenlampe* z. B. à 8 Ampère *einzeln in den Stromkreis*, so sehen wir, daß wir bei der Netzspannung von 110 Volt nur die Spannung der Bogenlampen von 40 Volt ausnutzen und eigentlich für die Lampe nur $40 \cdot 8 = 320$ Watt verbrauchen, während wir $110 - 40 = 70$ Volt $\times$ 8 Amp. $= 560$ Watt nutzlos vernichten. Diese Schaltung ist daher sehr unökonomisch. Um diesen Übelstand zu vermeiden, verwendet man daher in vorliegendem Falle z. B. die nachstehend beschriebenen *„Dauerbrandlampen“* oder eine Spezialkonstruktion der Firma Körting & Mathiesen, die *„Doppellampe“*, bei welcher innerhalb eines Gehäuses zwei hintereinander geschaltete gleichzeitig brennende Bogenlampen eingebaut sind.

Figur 3. Da nun überhaupt jeder Vorschaltwiderstand eine unnütze Kraftvergeudung ist, hat man sich bemüht, *Differentiallampen* zu bauen, welche *zu 3 oder 6 hintereinander geschaltet* die volle übliche Netzspannung von 110 oder 220 Volt ausnutzen und auch ohne Beruhigungswiderstand nach dem einmaligen Ausschalten ohne Lichtschwankung brennen, und ist dies auch in zufriedenstellender Weise gelungen.

Es ist jedoch auch nach den früheren Ausführungen einleuchtend, daß die Nutzspannung an der Lampe von großem Einfluß auf dieselbe ist. Haben wir bei 110 Volt Netzspannung drei Differentiallampen besagter Konstruktion mit 8 Ampère brennen, so erhält jede Lampe eine Spannung von ca. 36,5 Volt; bei 105 Volt Netzspannung, d. h. 5 Volt Spannungsverlust in den Leitungen würde diese Lampe nur 105 Volt : 3 = 35 Volt, bei 115 V jedoch = 38,5 Volt Klemmspannung haben. Dementsprechend würde die Sromstärke einmal niedriger, das andere Mal höher als 8 Ampère sein. Sollen die Lampen daher mit der normalen Sromstärke brennen, so ist auf den Leitungswiderstand bei der Anlage Rücksicht zu nehmen. Die Firma *„Körting & Mathiesen“* gibt hierfür folgende Daten:

	Stromstärke Amp.	Größe 9	12	15	Netzspannung min.
		stündige Brenndauer			
	6	35—39	36—39	37—39 Volt	105—117 V.
	8	36—40	37—40	38—40 „	108—120 V.
	10	37—41	38—41	39—41 „	111—123 V.
	12	39—42	40—42	41—42 „	117—126 V.
Modell F. I.	3	34,5 Volt Lampenspannung		6 Volt Widerstand	110 V.
	4	35,— „ „		4 „ „	110 V.
	5	36,— „ „		2 „ „	110 V.
	6	36,5 „ „		0 „ „	110 V.

Ferner benutzt dieselbe zum Einschalten ihrer sogenannten *„Triplexlampen“* einen Anlaßwiderstand *AW*, welcher den Zweck hat, eine ruhige Lichtbogenbildung zu sichern und ferner das Auftreten einer zu hohen Zündungsstromstärke nach dem Einschalten der Lampen zu verhindern. Der Hebel dieses Anlassers wird in Zeiträumen von ca. $^1/_4$ Minute von Kontakt zu Kontakt geschoben, um das allmähliche Anbrennen der Kohlenstäbe zu bewirken. Bei Kohlen, die schon gebrannt haben, kann das Einschalten schneller geschehen. Während des Brennens der Lampen wird ein zeitweises Einschalten von Widerstand nicht erforderlich, da die Stromstärke fast konstant bleibt. Zum Schutze der Lampen gegen ein Verbrennen der Nebenschlußspulen bei etwaigem Ausbrennen der Kohlenstifte wird bei Hintereinanderschaltung von mehr als drei Lampen ein Minimalwiderstand verwandt, welcher den Stromkreis ausschaltet, sobald bei einer der Lampen der Lichtbogen übermäßig lang wird; (oder man verwendet Lampen mit gesicherten Nebenschlußspulen).

Figur 4. Die *A. E.-G.* und *„Helios“* hat das *Dreischaltungssystem* von dem Gesichtspunkte ausgebildet, daß sie für die Erhaltung der gleichen Länge des 40 Volt-Lichtbogens eine Niedervoltkohle verwendet, welche bei 35 Volt einen dem bei 40 Volt erzeugten annähernd gleichen Lichtbogen bildet; die jeweilig überschüssige Spannung wird durch einen automatischen Regulierwiderstand ausgeglichen.

Jede Lampenserie ist daher mit einem sich selbsttätig ab- und zuschaltenden Vorschaltwiderstande versehen, welcher beim Einschalten diejenige Spannung aufnimmt, um welche die Lampen niedriger zünden. In dem Maße, als die Lichtbogen die normale Länge erreichen, muß der Widerstand nach und nach ausschalten und sich endlich kurzschließen. Selbsttätig wird der Widerstand deshalb gebaut, damit auch bei etwaigem Herausfallen von losem Docht oder bei sonstigen Zufällen während des Brennens ein zu starkes Ansteigen des Lampenstromes bezw. Durchbrennen der Sicherung verhindert wird.

Die Wirkungsweise des Anlassers geht aus dem Schema Figur 4 deutlich hervor. Beim Einschalten durchfließt der Strom die Lampen, den Schleif-

kontakt, die Spule *S*, um wieder zum Netz zurückzukehren. Da die Sromstärke hierbei hoch ist, wird der Anker in der Spule eingezogen und der Schleifkontakt schaltet den Widerstand *W* ein; bei fallender Stromstärke sinkt jetzt wieder der Anker und schaltet stufenweise *W* aus; die weitere Regulierung geschieht ebenfalls automatisch. Die Anwendung bezieht sich auf Hintereinanderschaltung von 3 Lampen bei 110 Volt. Bei Verwendung automatisch regulierender Vorschaltwiderstände wird die Lampengruppe durch einen einfachen Schalter eingeschaltet, sodaß auch ungeübtes Bedienungspersonal, wie beim Schalten mit Anlasser nötig, verwendet werden kann.

Figur 5. Sollen nun beispielsweise *5 oder 6 Lampen bei 220 V* brennen, so erhalten wir das hier gezeichnete Schema. Bei demselben wird noch ein Hilfswiderstand W_1 verwendet, der aber nur zum Anlassen der Lampen dient und durch den Umschalter später ausgeschaltet wird. Die Wirkungsweise ist sonst genau dieselbe wie bei Figur 4.

Tafel 46.

Figur 1. Werden *von drei Bogenlampen nur immer je zwei zur Beleuchtung* benutzt, so kann man mit Hilfe eines einfachen Umschalters die Anordnung treffen, daß immer je zwei Lampen gleichzeitig brennen, während die dritte abgeschaltet ist. Man erreicht hierdurch ein ökonomisches Brennen, während sonst die Schaltung *2 L* (*1 L* + Widerstand) wäre. Man hat bei der Anordnung jedoch darauf zu achten, daß trotz der Umschaltung stets die richtigen Pole an die Lampen führen, wie es die Zeichnung angibt.

Figur 2. Es kann hiernach auch der Fall eintreten, daß aus Sparsamkeitsrücksichten bezügl. Bedienung und Kohlenverbrauch die Anordnung getroffen werden soll, *von zwei Lampen beide zusammen oder jede einzeln brennen zu können.*

Die Schaltung ergibt sich wie folgt:

1) Hebelumschalter *HU* steht auf Kontakt *1* und *3*. Der Strom fließt über *S*, Ausschalter HU_1, Bogenlampe I +, —, Bogenlampe II +, —, HU_3, W_1; Schalter, Sicherung zum Netz;

$$\text{Hierbei ist: } W_1 = \frac{110 - 2 \cdot 40\ V}{8\ A} = 3{,}75 \text{ Ohm.}$$

2) *HU* steht auf 1 und 2; Stromlauf ist über HU_1, Bogenlampe I +, —, $W_2 + W_3$, HU_2, W_1; demnach wird:

$$W_2 + W_3 = \frac{110 - 40\ V}{8\ A} - 3{,}75 = 8{,}75 - 3{,}75 = 5\,\Omega.$$

3) *HU* steht auf *2* und *3*; HU_2, $W_3 + W_2$, Bogenlampe II +, —, HU_3, W_1 ergibt den Stromlauf. ($W_3 + W_2$) wie vor.

Es brennen daher in Stellung 1) beide Lampen, 2) Lampe I, 3) Lampe II.

Auch hier ist, wie in der vorherigen und der nachfolgenden Figur darauf besonders zu sehen, deß der Strom stets in der Richtung von + zu — die Lampen durchfließt, da sonst selbstredend ein unruhiges Brennen und Zischen des Lichtbogens entsteht. Mit Hilfe von Polpapier, das in angefeuchtetem Zustande mit den beiden Polen berührt, vom Minuspol rot gefärbt wird, prüft man zunächst die elektrischen Pole. Hat man kein Polpapier zur Hand, so kann man ein Gefäß mit Wasser benutzen, in das man die beiden Drähte entgegengesetzter Polarität eintaucht; am negativen Pol steigen dann die bei der Zersetzung des Wassers sich bildenden Wasserstoffbläschen auf. Im allgemeinen ist der Pol, der irgend eine Veränderung hervorruft, der negative. Bei ungefährlichen Spannungen kann ein Geübter die Pole auch durch gleichzeitiges Berühren herausfinden, da die Wirkung des negativen Poles auf den Körper eine viel intensivere ist.

Figur 3. Mit Hilfe des vorerwähnten Umschalters läßt sich eine ähniche Schaltung *bei 220* Voltanlagen mit z. B. vier Bogenlampen so vornehmen, daß *abwechselnd eine, drei oder alle vier Lampen* zu einer Zeit *brennen.*

Brennen 1. alle vier Lampen, so ist nur $W_1 = \frac{220 - 160\ \text{V}}{8\ \text{Amp.}} = 7{,}5\ \omega$ vorgeschaltet.

Brennen 2. drei Lampen, so ist nur $W_2 = \frac{220 - 120}{8} = 12{,}5\ \omega$ vorgeschaltet.

Brennt 3. eine Lampe, so ist $W_1 + W_2 + HW = \frac{220 - 40}{8} = 22{,}5\ \omega$ vorgeschaltet.

Dieser Hilfswiderstand HW von $22{,}5 - (12{,}5 + 7{,}5) = 2{,}5\ \omega$ wird zwischen den beiden Hälften des linken Schleifstückes angeordnet und tritt somit nur in Aktion, wenn der Hebel ganz nach links, d. h. auf Bogenlampe *B* 1 geschaltet ist.

Tafel 47.

Figur 1. In Schaufenstern und zur Effektbeleuchtung, wo nur eine Bogenlampe anzubringen ist, wie auch bei Saalbeleuchtung, wenn jede Lampe bei 110 Volt einzeln ausschaltbar sein muß, greift man (zwecks Verhinderung nutzloser Energievernichtung) zur *Hintereinanderschaltung von Bogenlampen und Glühlampen,* die dann gewöhnlich um die Bogenlampe kreisförmig angeordnet werden. Diese Schaltungsart ist in dem Schema angedeutet. Eine Bogenlampe von 6 Ampère ist mit 7 Glühlampen à 16 NK 65 Volt hintereinander geschaltet; die Stromstärke der Bogenlampe wird hier durch die Anzahl der

Glühlampen 7 à 16 NK à 3,5 Watt $= 7 \times 16 \times 3,5 = 390$ Wattgesamtverbrauch $= \frac{390 \text{ Watt}}{65 \text{ Volt}} = 6$ Ampère festgelegt, während die Spannung selbsttätig regu- liren muß; man verwendet für diese Schaltung daher am besten Nebenschluß- lampen; ein Widerstand *W* dient neben den Glühlampen als Beruhigungs- widerstand, damit die Glühlampen nicht zu hohe Spannung erhalten. Den ohmischen Widerstand desselben findet man wie folgt: Lampenspannung bei 6 Amp. 38 Volt, Glühlampenspannung 65 Volt, Netzspannung 110 Volt. Stromstärke 6 Ampère; dann sind $\frac{110 - (38 + 65)}{6} =$ rd. 1,17 ω vor- zuschalten.

Figur 2. Will man an drei verschiedenen Stellen eine Beleuchtung haben, und zwar derartig, daß ein Punkt hiervon besonders hell, die anderen beiden gleichmäßig vom Licht getroffen werden, so kann man die in der Schaltung gegebenen Anordnungen treffen, wo *zwei 6 Ampèrelampen parallel zu einander mit einer 12 Ampèrelampe in Hintereinanderschaltung liegen.* Der Vorschaltwiderstand wird hier $\frac{110 - (38 + 43)}{12} =$ rd. 2,41 Ohm betragen.

Selbstverständlich ist auch jede beliebige andere Kombination möglich; es ist nur zu bedenken, daß die Summe der Stromstärke der parallel ge- schalteten Lampen = ist der Stromstärke der zu ihnen in Hintereinander- schaltung liegenden Hauptlampe, und gleiche Lampenkonstruktionen gewählt werden, um ein gleichmäßiges Regulieren zu erreichen.

Figur 3. Wie schon früher erwähnt, hat man seit einiger Zeit eine Lampe auf den Markt gebracht, bei welcher einmal infolge ihrer langen Brenndauer (80—200 Stunden) das häufige Kohleneinsetzen fortfällt, und die anderseits infolge ihrer Lichtbogenspannung von ca. 70—80 Volt einzeln bei 100 Volt Netzspannung angeschlossen werden kann. Die längere Brenndauer erklärt sich dadurch, daß der Lichtbogen zwischen den Kohlen *Ko Ko* mit einer Glasglocke fast luftdicht abgeschlossen ist. Die Lampe verbraucht da- her zunächst den in der Glocke befindlichen Sauerstoff und brennt dann in fast sauerstoffleerem Raum weiter; hierdurch wird einmal der Kohlenabbrand vermindert, zweitens allerdings der Lichtbogen bläulich gefärbt (eine Eigen- tümlichkeit der Dauerbrandlampen) und drittens die Lichtbogenspannung er- höht. Um letzteren Punkt zu forcieren und den Abbrand mehr zu begrenzen, verwendet man an Stelle der Dochtkohle Homogenkohle, wodurch allerdings ein „wandernder“ Lichtbogen erzeugt wird, ein Übelstand, der durch Mat- tieren der kleinen Glocke *G* beseitigt wird; es geht hierbei jedoch eine Menge Licht verloren.

Die Schaltung und Wirkungsweise einer solchen *Dauerbrandlampe* soll nun an Hand der Figur erklärt werden. Der Hauptstrom durchfließt zunächst den Widerstand W (z. B. $\frac{110-80}{6 \text{ Amp.}} = 5\ \omega$), die Kohlen Ko Ko, die als Solenoid wirkende Hauptstromspule So und von hier zum Netz; hierdurch wird der als Zylinder ausgebildete Anker A angezogen, und nimmt vermittels seiner Sperrklappen KK die Kohlenhalterstange nach oben, wobei sich zwischen Ko—Ko ein Lichtbogen bildet, der sich in Übereinstimmung mit der Spulenwirkung auf konstante Stromstärke einstellt. Mit dem Abbrennen der Kohle verlängert sich aber der Lichtbogen und die Stromstärke würde fallen. A wird daher etwas nachgelassen. Ist der Abbrand auf eine bestimmte Länge infolge obiger Gegenwirkung erfolgt, so wird A so tief stehen, daß die beiden Klappen K von den Anschlagstiften aa gehoben werden. Hierdurch wird der Nachschub resp. ein Heruntersinken der Kohle herbeigeführt, die Stromstärke steigt und A wird wieder hoch gezogen. In der praktischen Ausführung wird infolge des sehr langsamen Heruntersinkens von A das Lösen von KK auch so allmählich bewirkt, daß der Nachschub der Kohle nur auf Teile eines Millimeters geschieht und daher im Lichtbogen nicht zu merken ist.

Wir sehen aus dem Schema daß die Lampe als Hauptstromlampe arbeitet. Soll dieselbe jedoch bei 220 Volt zu zweien hintereinander geschaltet werden, so ändert sich die Ausführung folgendermaßen.

Figur 3a. Unter der Hauptstromspule H wird noch ein Nebenschluß N angeordnet, sodaß die Lampe auf Grund der Differentialwirkung dieser beiden Spulen reguliert. Die Lampe ist daher *eine Differential-Dauerbrandlampe*. Der innere Mechanismus ist nicht gezeichnet, da er derselbe wie in Figur 2 ist. Die Schaltung zweier solcher Lampen im Netz ist aus der Figur zu ersehen. Der Widerstand W wird wie früher gezeigt berechnet.

Diese Dauerbrandlampen, die früher nur für Stromstärken von 6—10 Amp. von allen größeren Firmen gebaut wurden, kommen jetzt nach Einführung der Nernstlampe auch als Miniaturbogenlampe für 1, 2 und 3 Amp. in den Handel und dürften wegen ihrer Unempfindlichkeit bei Spannungsschwankungen im Netz berufen sein, der Nernstlampe das Feld energisch streitig zu machen, zumal die Lichtwirkung bei gleichem Energieverbrauch eine günstigere und vor allem gleichbleibende ist, während der Leuchtkörper der Nernstlampe bald an Leuchtkraft einbüßt. So baut S. & H. „Lilliputlampen“ für Gleichstrom, Körting & Mathiessen „Miniaturbogenlampen“ für Gleichstrom, Helios „Lunalampen für Gleich- und Wechselstrom“ usw.

Tafel 48.

Figur 1. Bei Anlagen, die von Wechselstrom durchflossen werden, kann man vorteilhaft die für die Bogenlampen benötigte Spannung durch die Transformierung des Stromes erhalten. Die Wirkungsweise eines Transformators haben wir bereits in Bd. I (Taf. 77, Fig. 2) kennen gelernt. *Das Schaltungsschema eines Bogenlampen-Transformators*, wie ihn die meisten Firmen vorzugsweise benutzen, ist in der Skizze wiedergegeben. Die Bogenlampen werden hierbei zum Teil von dem die dünnere Spule durchfließenden gedrosselten Hauptstrom, z. T. von dem in den sekundären starken Windungen induzierten Strom niedrigerer Spannung und höherer Stärke gespeist, da beide Windungen entgegengesetzt gewickelt und somit die Ströme gleichgerichtet sind. Natürlich hat die zu den Bogenlampen geführte Spannung infolge des Zusammenwirkens der Spulen eine bestimmte Höhe. Mit den Bogenlampen liegt noch ein Beruhigungswiderstand *BW* in Hintereinanderschaltung. Der Eisenkern des Transformators ist auch hier zur Vermeidung von Wirbelströmen aus isolierten Eisenscheiben zusammengesetzt. Der Transformator muß die Netzspannung von 190 Volt auf die Wechselstrom-Bogenlampenspannung = (2 × 30 [!] Volt = V 60) + 10 Volt für den Beruhigungswiderstand, also auf 70 Volt umformen. Der Anschluß an das Netz geschieht selbstverständlich mit Zwischenschaltung von Sicherungen und einem Ausschalter *vor* dem Transformator, da sonst der letztere steten Leerlaufverlust haben würde.

Figur 1a. Eine Schaltung der *Transformierung der Netzspannung auf Bogenlampenspannung*, wie sie z. B. bei einzelbrennenden Straßenlampen vorgenommen wird, zeigt diese Anordnung, welche im Prinzip mit der vorher erwähnten identisch ist.

Der Hauptstrom von 4,8 Ampère durchfließt die Sicherung *S*, den Ausschalter *A*, die primäre Transformatorwickelung und würde über die Sekundärwickelung ins Netz gehen, wenn der Hauptstrom durch entsprechende Wickelung der Spulen nicht mit dem sekundär induzierten Strome gegeneinander wirken würden; so aber verbindet sich der Primärstrom mit dem sekundär erzeugten Strom von 10,2 Ampère und beide durchfließen die Bogenlampe von 15 Ampère. Die Spannung in diesem Bogenlampenstromkreis ist 40 Volt, wobei 30 Volt auf die Bogenlampe und 10 Volt auf den Beruhigungswiderstand fallen. Dieser besteht hier aus einem gewöhnlichen Widerstand *W*. Die Verwendung einer Drosselspule, deren genaue Schaltung die *Figur 1b* ergibt, ist nicht zu empfehlen und wird sogar von vielen Elektrizitätswerken wegen ihrer schädlichen Rückwirkung auf das Netz verboten.

Diese daher selten angewandte *Drosselspule* hat den Zweck, bei weniger Energieverbrauch den sonst üblichen Vorschaltwiderstand bei Wechselstrom-

anlagen zu ersetzen und die Betriebskosten zu verbilligen. Dieselbe wirkt allerdings beruhigender auf den Strom und damit auf das Licht als ein gewöhnlicher Widerstand. Der Energieverlust beträgt nach Angaben der A. E.-G., welche vorzugsweise diese Schaltung ausgeführt hat, nur 40—70 Watt. Die Drosselspule besteht aus zwei aus isolierten Eisenlamellen zusammengesetzten Magnetkernen, über welche zwei einander durch die Induktion beeinflussende Drahtspulen gewickelt sind. Es wird daher der Strom beim Durchfließen der Spulen und Magnetisieren der Kerne derart beeinflußt, daß der Strom in dem Maße größer oder geringer wird, je nachdem die Eisenkerne, welche durch Bolzen miteinander verbunden sind, geringeren oder größeren Abstand voneinander haben. Man kann daher die Stromstärke z. B. durch Zwischenlegen von Pappscheiben oder dergleichen zwischen die Kerne erniedrigen, durch Schwächung der Zwischenlage aber erhöhen. Nach Einstellung der Kerne müssen alle Schrauben wieder fest angezogen werden, da sonst ein brummendes Geräusch infolge der Vibration der Lamellen entsteht.

Vorteilhaft lassen sich die Drosselspulen auch bei Einzelschaltung von Lampen in Stromkreisen verwenden, deren Netzspannung eigentlich für zwei oder drei Lampen in Hintereinanderschaltung ausreicht, so wird z. B. eine Bogenlampe, welche in Hintereinanderschaltung mit einer Drosselspule in einem Stromkreis von 100 Volt Spannung geschaltet ist, nicht mehr an Energie kosten, als wenn dieselbe Lampe mit einem gewöhnlichen Vorschaltwiderstand in einem Stromkreis von 35—40 Volt geschaltet brennt.

Figur 3. Die Anwendung des elektrischen Bogenlichtes als Ersatz für Tagesbeleuchtung hat sich für Lichtpausanstalten vorteilhaft erwiesen. Unabhängigkeit von der gerade herrschenden Witterung, die Möglichkeit, auch nach Einbruch der Dunkelheit Pausen herstellen zu können, sowie auch die durch Verwendung elektrischer Kraft zum Antrieb der Hilfsapparate erzielte Ersparnis an Zeit und Mühe erhöhen wesentlich die Leistungsfähigkeit der für *elektrischen Betrieb eingerichteten Lichtpausanstalten.* Eine von der „Firma Siemens & Halske" hierbei verwendete Anordnung und Schaltung soll in nachstehendem beschrieben werden.

Zwei Differentiallampen von 25 Ampère bei Gleichstrom, 30 Ampère bei Wechselstrom werden, um einen zu großen Stromstoß auch bei neuen Kohlen zu vermeiden, mit einem Anlaßwiderstand und einem festen Zusatzwiderstand versehen. Der erstere wird, nachdem sich die Lampen beruhigt, allmählich kurzgeschlossen, worauf in die Lampen die erhöhte Spannung eintritt. Der besonderen Einrichtung wegen sollen hier auch die Lichtpause-Vakuum-Rahmen Patent Sack Erwähnung finden. Sie sichern durch den Luftdruck, der, ohne die Glasscheibe einseitig zu belasten, 8—9000 kg p. qm beträgt,

eine gleichmäßige Schärfe der Zeichnung. Das Verfahren wird nun in der Weise bewerkstelligt, daß man auf die Glasfläche über die Pause und das lichtempfindliche Papier eine Gummidecke legt, die an den Rändern durch Leisten an die Glasplatte luftdicht angepreßt wird. Zwischen Glas und Gummidecke wird die Luft dann abgesaugt. Dies geschieht mit Hilfe einer Vakuumpumpe, die durch einen mit ihr direkt gekuppelten kleinen Elektromotor angetrieben wird. Ein selbsttätiger Ausschalter besorgt das Ein- und Ausschalten bei zu geringem oder genügendem Vakuum. Ein Vakuummeter zeigt die Luftleere in den Leitungen bezw. dem mit diesen in Verbindung stehenden Vakuumkessel an. Von der Röhrenleitung sind in entsprechenden Abständen Hähne angebracht, an welche die Apparate mit Gummischläuchen angeschlossen werden. Die sonst zur Verwendung gelangenden Ausschalter usw. sind aus der Zeichnung zu ersehen.

Tafel 49.

Figur 1. Wir haben schon früher gesehen, daß wir bei Glühlampen eine verschieden helle Beleuchtung durch zeitweises Parallel- oder Hintereinanderschalten erreichen konnten; es handelte sich dort jedoch nur um die Erreichung zweier Helligkeitsgrade. Wird jedoch, wie es bei Theaterbeleuchtungen der Fall ist, eine völlige Abstufung von Lampenserien zwischen dunkel und hell verlangt, so muß man zu einem Widerstandsregulator greifen.

Das Schaltungsschema eines solchen *Bühnenregulators für Gleich- oder Wechselstrom* mit induktionsfreien Widerständen zeigt die Figur. Der Apparat ist für Dreifarbensystem gebaut und erhält jeder Stromkreis auf der Bühne drei parallel geschaltete Lampengruppen und zwar gehören die Stromkreise 1, 1, 1, — 2, 2, 2 — usw. der Farben I, II, III immer zusammen. In jeder Farbe sind natürlich dementsprechend eine gleiche Anzahl Regulatoren angebracht, die in Farbe II und III figürlich jedoch nur teilweise gezeichnet sind. Die Betätigung dieser Widerstandsregulatoren geschieht von dem mit ihnen durch Drahtseile verbundenen Regulierapparate aus. Die Spannung der um Schnurscheiben geführten Seile bewirken die Gewichte G. In der Stellung d sind die Lampen dunkel bezw. ausgeschaltet; bei h brennen sie mit voller Spannung hell.

Zum genaueren Verständnis der zugehörigen mechanischen Einwirkung sei nachstehend an der Hand der Zeichnungen *Figur 2* ein *Bühnenregulator* der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft Berlin näher beschrieben.

Der Bühnenregulator umfaßt sämtliche Vorrichtungen, welche erforderlich sind, verschiedene Helligkeitsgrade bei den auf der Bühne und im Zu-

schauerraum installierten Lampen zu erzielen, er vermittelt die In- und Außerbetriebsetzung aller jeweilig zur Benutzung kommenden Beleuchtungs körper und das blitzartige Aufleuchten der Lampen. Da auch am Regulator alle zur Erzeugung von Farbeneffekten nötigen Schaltungen sich vereinigen, so genügt bei zweckentsprechender Anordnung ein Mann, um alle auf der Szene vorkommenden Licht- und Farbenwechsel auszuführen und selbst in schwierigen Fällen den Übergängen in der Beleuchtung jene Einheitlichkeit zu sichern, welche in Form einer tadellosen, stimmungsvollen Beleuchtung wesentlich auf den Erfolg der Vorstellung einwirkt.

Der Aufstellungsort für den Bühnenregulator ist so zu wählen, daß der Beamte, welcher denselben bedient, nicht nur die Bühne bequem übersehen und erreichen kann, sondern daß ihm auch der zur leichten und schnellen Handhabung des Apparates nötige Raum zur Verfügung steht. Geeignete Orte für die Aufstellung des Regulators finden sich meist an der Proszeniumswand auf der rechten oder linken Bühnenseite.

Das System des Apparates wird durch die Bestimmung der Bühne, die zum Ausbau erforderlichen Mittel und die baulichen Verhältnisse bedingt, die Größe und Ausdehnung desselben außerdem noch durch die Zahl der selbständig zu regulierenden Beleuchtungskörper bezw. Beleuchtungskörpergruppen.

Ein Bühnenregulator besteht aus zwei Teilen, dem eigentlichen *Reguliermechanismus,* Figur 2, welcher sämtliche Regulier- und Schaltvorrichtungen enthält und den Rheostaten auf welchen das zur Veränderung der Lichtstärke erforderliche Widerstandsmaterial angebracht ist, die in der Zeichnung jedoch nicht enthalten sind.

Die Reguliervorrichtungen werden als Hebel ausgebildet, welche um eine in der Längsachse des Apparates gelagerte Welle drehbar sind. Jeder Regulierhebel ist dabei mit einer Kupplungsvorrichtung versehen, sodaß er in jeder Stellung mit der Welle fest verbunden werden kann.

Da meistens die räumlichen Verhältnisse nicht gestatten, den ganzen *Bühnenregulator neben der Bühne* selbst unterzubringen, verwendet man Regulatoren mit indirekt angeschlossenen Rheostaten. Bei diesen wird der Regulator dicht an der Bühne untergebracht, während die *Rheostaten* an einem anderen Orte, meist an der Proszeniumswand *über oder unter dem Regulator* oder in einem Nebenraum Aufstellung finden.

Die vorgenannten Tafeln zeigen die Einrichtung eines Regulators für drei Farben.

Über die Vorschriften, welche bei Installation von Theateranlagen zu berücksichtigen sind, siehe „Anhang" Bd. I.

Tafel 50.

Die schematische Ausführung eines Leitungsnetzes mit einem wie vorstehend beschriebenen Bühnenregulator, sowie die sonstige Anordnung einer kompl. *Bühnenbeleuchtung* zeigt uns die von der A. E.-G. ausgeführte *Anlage* im Prinzregententheater zu München.

Die Verteilung des elektrischen Stromes auf der Bühne erfolgt von einer an der linken Proszeniumswand aufgestellten, mit allen erforderlichen Schalthebeln und Sicherungen versehenen Bühnenschalttafel aus. Die Regulierung der einzelnen Stromkreise bewirkt der an derselben Stelle aufgestellte Bühnenregulator. Die gesamte Beleuchtungsanlage der Bühne ist nach dem Vierfarbensystem eingerichtet. Nach diesem besitzt jeder Beleuchtungskörper, als Soffitten, Kulissen, Rampen usw. vier Sorten von Lampen, nämlich weiße, rote, grüne und gelbe. Mittels des Bühnenregulators ist es möglich, bei jedem Beleuchtungskörper drei Farben in beliebiger Reihenfolge und in beliebigen Helligkeitsabstufungen erscheinen oder verschwinden zu lassen. Hierzu besteht dieser Apparat aus einem Stellwerk mit drei Reihen von Hebeln und den an letztere angeschlossenen Rheostaten. Das Stellwerk selbst besteht aus drei Schaltwellen, einer für rotes Licht, einer für weißes und einer für grünes und gelbes Licht gemeinsamen; und zwar kann bei letztgenannter Schaltwelle mittels eines Umschalters entweder das gelbe oder das grüne Licht angeschlossen werden. An jeder Schaltwelle sind nun Regulierhebel angebracht, mit denen die Widerstände in den einzelnen Stromkreisen verändert und die entweder jeder für sich bewegt werden können oder aber in beliebiger Anzahl an die zugehörige Schaltwelle sich ankuppeln lassen, sodaß sie dann gemeinsam durch letztere eingestellt werden können. Im vorliegenden Falle sind 69 Regulierhebel und Rheostaten vorhanden, die sich folgendermaßen verteilen:

Rampe rechts und links .	2 × 3 = 6	Hebel
Transparent	2 × 3 = 6	„
Versatz	2 × 3 = 6	„
Mondversatz	2 × 3 = 6	„
Soffitten	10 × 3 = 30	„
Kulissen	4 × 3 = 12	„
Portalbeleuchtung	= 1	„
Zuschauerraum	= 2	„

Die ganze Bühnenbeleuchtung, deren Schaltungsschema dargestellt ist, ist mit Ausnahme der Effektbeleuchtung an die Außenleiter mit 220 V angeschlossen.

Die ganze Beleuchtungsanlage umfaßt 3438 Glühlampen und 42 Bogenlampen, deren Hauptverteilung aus nachstehender Zusammenstellung ersichtlich ist:

	Glühlampen	Bogenlampen
Bühnenbeleuchtungskörper . .	2312	12 (Effekt)
Bühne und Nebenräume . . .	173	—
Orchester	72	—
Zuschauerraum	50	14
Hausbeleuchtung mit Garderoben	630	8
Restaurant	201	8
	3438	42

Die Verteilung der Lampen und Leitungen geht aus der Zeichnung hervor.

Tafel 51.

Figur 1. Eignet sich der Tafel 49 bezw. 50 vorbeschriebene Bühnenregulator zur Benutzung für Gleich- und Wechselstrom, so hat derselbe in beiden Fällen den Nachteil, daß Spannung vernichtet wird und die Anlage unökonomisch arbeitet; allerdings ist dieses nicht von so großer Bedeutung als es im Augenblicke erscheint, denn nehmen wir z. B. eine 32kerzige 110 Voltlampe an, deren Widerstand ungefähr $\frac{110 \text{ Volt}}{1 \text{ Amp.}} = 110$ Ohm ist, und lassen die Lampe durch Vorschalten eines Widerstandes von weiteren 110 Ohm, d. h. mit halber Spannung brennen, so sehen wir, daß die Stromstärke $\frac{110 \text{ Volt}}{110 + 110 \text{ Ohm}} = \frac{1}{2}$ Ampère geworden ist. Die Nutzspannung ist aber dieselbe geblieben, daher der Gesamtwattverbrauch auf die Hälfte gesunken. Es wird jedoch die Leuchtkraft nicht proportionell mit der Spannung, sondern schneller fallen, und erklärt sich hieraus das unökonomische jeder Reguliervorrichtung für Glühlampen.

Bei den *Wechselstromspannungsregulatoren für Bühnenbeleuchtung* benutzt man nur das schon früher erwähnte Prinzip der Stromdrosselung bezw. der Induktionswirkung zweier sich gegenseitig beeinflussenden Spulen, deren Wirkung von einem Eisenkern reguliert wird. Man erreicht hierdurch vor allem eine gleichmäßig fortlaufende Regulierung, während bei den gewöhnlichen Widerstandsregulatoren die Abstufung der Helligkeitsgrade von der Anzahl der Kontakte abhängig ist.

Das Schema des einfachsten Regulators, dessen Wirkung auf erwähntem Prinzip beruht, gibt Figur 1 wieder. Der Apparat besteht aus einer Spule

mit dünner und aus einer solchen mit starker Wickelung; beide Spulen sind hintereinander verbunden und bei 1 und 2 an das Leitungsnetz angeschlossen. Parallel zu der dünneren Spule sind nun die Glühlampen 3 und 4 angeschlossen. Innerhalb der Spulen ist ein massiver Eisenkern *E*, der nur so lang ist, daß er über eine Spule reicht, beweglich angeordnet. Lassen wir nun den Strom in die Spulen eintreten, so sehen wir, daß derselbe infolge des durch den Eisenkern bewirkten hohen induktiven Widerstandes in der Hauptspule gehemmt wird, während die Nebenspule fast induktionslos ist. Die Lampen *N* erhalten daher eine sehr geringe Spannung und brennen dunkel. Mit dem Tieferschieben des Eisenkerns erhöht sich jedoch die Spannung im Stromzweige, da die starke Spule allmählich induktionsfrei wird, während die schwache dem Stromdurchgang verschlossen wird. Es fließt somit der Strom mit voller Spannung durch die Glühlampen. Nach dem erwähnten Schema baut die Westinghouse Comp. ihre betr. Apparate.

Figur 2. Ebenfalls auf dem Prinzip der Induktionswirkung beruht der nachstehende *Bühnen-Regulator für Wechselstrom.* Um einen ringförmigen Eisenkern *E* wird die Hauptleitung *L*, die zum Stromkreise *N* führt, ungefähr auf eine Strecke von $^1/_4$ des Umfanges von *E* gewickelt. *G* ist ein lamelliertes Eisengehäuse, an welchem der den Ring *E* umschließende kupferne Mantel *M* angesetzt ist. Schließen wir nun die Leitung in der gezeichneten Stellung, so wird die Spule auf dem Eisenkern den größten induktiven Widerstand besitzen. Drehen wir jedoch mit dem Handrade *H* den Mantel *M* über die Spule, so wird der Widerstand abnehmen, da dann die Spule als primäre und der Mantel als sekundäre kurzgeschlossene Wicklung eines Transformators wirkt. Es wird daher der induktive Widerstand abnehmen, und die Lampen müssen heller brennen. Durch entsprechende Stellung von *M* kann man daher die Helligkeit der Lampen in gewünschter Weise regulieren.

Figur 3. Ähnlich den Gleichstromregulatoren mittels verschiedener für jeden Stromkreis Ser. 1, Ser. 2, notwendigen Kontaktbahnen $R_1 R_2$ ist ein von H. Müller*) konstruierter *Bühnenregulator für Wechselstrom* beschaffen. Zur Verminderung der Spannung im Netz wird hier das bei Meßtransformatoren allgemein übliche Verfahren benutzt, wobei man an den verschiedenen Punkten *a*, *b*, *c* . . . der Sekundärwicklung eines Transformators *T* verschieden hohe Spannungen abnehmen kann, und zwar ist dieselbe in der Zeichnung zwischen *a* und 4 am höchsten, zwischen *e* und 4 am niedrigsten. Von den Punkten

*) Vgl. E. T. Z. 1894.

a, *b*, *c* . . . des Transformators führen jetzt einzelne Leitungen ab, an die die Verbindungsdrähte von den Kontakten von R_1, R_2 usw. gelegt werden. In diese Leitungen sind kleine Drosselspulen als Schutzspulen *SchSp.* 1, 2, 3 usw. angeordnet, welche beim Übergang des Hebels ein Kurzschließen der zwischen zwei Kontakten liegenden Transformatorwindung verhüten. Diese Ausführung entspricht der Verbindung bei R_1; bei R_2 dient eine Drosselspule von höherem induktiven Widerstande zum Regulieren des Spannungsunterschiedes zweier Transformatorenwindungen. Der Eisenkern ist hier verstellbar nach dem in Figur 1 angeführten Prinzip

---

V. Abschnitt.

Schaltung verschiedener automatischer Apparate.

Tafel 52.

Figur 1. Das Schema einer Treppenbeleuchtung mit Umschaltung haben wir bereits in Tafel 41, Figur 3 kennen gelernt, und gesehen, daß an Stelle dieser Schaltung häufig *automatische Minutenschalter* angewendet werden, um zu verhindern, daß nachts das Licht versehentlich brennen gelassen wird.

Das Schema der Leitungen zeigt uns Figur 1. Der Automat hat fünf Anschlußklemmen, von denen zwei für die Zuleitung des Stromes dienen. Ein Anschluß ist mit der einen Leitung für die Druckknöpfe, sowie mit einer Leitung für die Glühlampen verbunden. Die beiden letzten Anschlüsse werden an die noch übrigbleibenden Lampen- und Kontaktleitungen gelegt. Die *innere Schaltung* des Apparates, wie die „A.-E.-G." ihn ausführt, zeigt uns

Figur 1a. Die fünf Anschlüsse *a*—*e* oben korrespondieren mit denjenigen in Figur 1 und sind dementsprechend mit den einzelnen Leitungen verbunden. *U* ist ein zweipoliger Umschalter, der nur von dem Beauftragten mittels Steckschlüssels gehandhabt werden kann, und in Stellung 1) auf Tag, 2) auf Nacht, 3) auf Abendbeleuchtung gestellt wird. Stellung 1 ist an sich klar, Stellung 3 ebenfalls, da *Hh* hierbei die Zuleitungen direkt mit den Glühlampenleitungen verbindet. In Stellung 2 (der gezeichneten) ist die Wirkung folgende: Wird während dieser „Abendstellung" ein sich durch Federkraft wieder selbständig öffnender Druckknopf in einem beliebigen Stockwerk geschlossen, so fließt der Strom beispielsweise von Zuleitung *c* über 2 nach *b* über den Druckknopf nach *a*, durch die Magnetspule *S* zum Umschalter nach Zuleitung *d*. Durch die Magnetisierung des Eisenkerns der Spule *S* wird der Anker *A* angezogen und Kontakt *C* geschlossen, d. h. die Glühlampen eingeschaltet. Öffnet sich jetzt der Druckkontakt, so würde *C* durch die Federkraft von *f* wieder ausgeschaltet werden. Um dies zu verhindern, ist das freie Ende des Hebels, an dem *A* und *C* sitzen, mit einem Uhrwerk so in Verbindung gebracht, daß ein am Hebelarme angebrachter Stift in eine

mit einem Einschnitt versehene Kreisscheibe eingreift. Sobald *A* daher angezogen wird, wird der Sperrstift die Scheibe loslassen; die volle Scheibe schiebt sich unter letzteren und hält *C* unbeachtet des Stromloswerdens von *S* solange geschlossen, bis die Scheibe eine Umdrehung gemacht hat und der Sperrstift wieder eingreifen kann. Die Dauer der Umdrehung der erwähnten Scheibe kann nun durch ein Uhrwerk beliebig geregelt werden. Für gewöhnlich werden 3 Minuten genügen, andernfalls braucht man ja nur wieder auf einen Knopf zu drücken, um das Uhrwerk für abermals 3 Minuten auszulösen.

Tafel 53.

Figur 1 zeigt uns eine *automatisch arbeitende Fernsteuerung* mechanischer oder *elektrischer Schaltwerke*, welche die Firma Dr. Paul Meyer, Berlin baut.

Mit der Kurbel des den Endpunkt der Bewegung des Schaltwerks bestimmenden Steuerschalters ist eine Umschaltvorrichtung zwangläufig verbunden, welche entsprechend dem Sinne der Drehung des Steuerschalters Strom durch eine die Bewegung des Schaltwerks im einen oder anderen Sinne einleitende Spule fließen läßt. In der Figur sind m und m_1 zwei Magnetspulen. Wird m erregt, so wird der auf der Zeichnung weggelassene Antriebsmotor in dem Sinne eingeschaltet, daß z. B. ein Schlitten *B* eines Zellenschalters nach oben geht. Wird dagegen m_1 erregt, so geht der Schlitten *B* nach unten. Durch die Ringe *a b*, den festen Kontakt *c* und die beiden beweglichen Kontakte *d f* ist die Antriebsvorrichtung angedeutet. Sie wirkt in der Weise, daß der Schalter des Motors auch nach Aufhören des die Bewegung einleitenden Kontakts geschlossen gehalten wird. Je nachdem der Kontakt *d* oder der Kontakt *f* mit dem Kreise *a* in Berührung kommt, wird der Motor veranlaßt, sich rechts oder links herum zu drehen, d. h. den Schlitten *B* nach oben oder nach unten zu verschieben. Die Erregung von m oder m_1 geschieht durch die an beliebiger Stelle angebrachte Vorrichtung, deren Kontakte k^1 bis k^6 mit den Stromschlußfedern 1—6 am Zellenschalter verbunden sind. Ferner ist auf den Steuerhebel ein mit demselben leitend verbundener Arm aufgesetzt, der mit starker Reibung drehbar ist. Seine Bewegung wird durch die beiden Anschlagstifte *s* und *t* begrenzt. Dieser Hebel schleift auf den Kontakten e bezw. e_1; e ist mit der Spule m verbunden, e_1 mit Spule m_1. An den Kontaktschlitten *c* ist ein Knaggen *S* oder dergl. angebracht, welcher den Strom durch Zurückdrücken des Zuführungkontaktes unterbricht, sobald der Schlitten auf der Stelle angekommen ist, auf welcher der Hebel steht.

Figur 2 bis 4. Das Schaltungsschema des nachstehend beschriebenen *Fernschalter mit und ohne selbsttätige Ein- und Ausschaltung* durch Kontaktuhr für Zwei- und Dreileiteranlage ist ohne große Erklärung verständlich.

Der Fernschalter hat den Zweck, einen Stromkreis von entfernter Stelle ein- und auszuschalten, und kann dieses entweder durch einen Druckknopf Fig. 2 oder durch eine Kontaktuhr Fig. 3 geschehen. — Die Leitung zwischen dem Druckknopf bezw. der Uhr bis zum Fernschalter ist nur für einen Stromdurchgang von 0,2 Amp. bei kleineren und von 0,4 Amp. bei größeren Schaltern zu bemessen.

Der Fernschalter besteht aus einem kleinen Elektromotor *HM,* welcher mit einer Schaltwalze in Verbindung steht und durch seine Drehung den Stromkreis schließt und öffnet.

Die Fernschalter werden ein-, zwei- und dreipolig gebaut und können beliebig aufgestellt werden.

Die Kontaktuhr dient, wie oben erwähnt, zur automatischen Betätigung eines Fernschalters. Durch Vermehrung der Kontakte an der Uhr können beliebig viel Schalter unabhängig voneinander in Tätigkeit gesetzt werden (Fig. 3). Die Uhren schließen stets den Hilfsstrom und niemals den Hauptstrom; es sind Pendeluhren mit 14tägigem Gang. Die auf dem Zifferblatt angebrachten Kontakte sind verstellbar.

Zur Aufstellung im Freien werden sowohl die Fernschalter wie die Kontaktuhren in gußeiserne, wasserdichte Gehäuse eingebaut und sämtliche Metallteile verzinnt.

Tafel 54.

Figur 1. Das heutige Geschäftsprinzip, durch eine ausgedehnte und verschärfte Reklame einen hohen Umsatz zu erzielen, hat natürlich den Gedanken nahe gelegt, hierzu die elektrische Beleuchtung heranzuziehen und einmal durch besondere Helligkeit und Farbenpracht Schaulustige heranzulocken, anderseits die Aufmerksamkeit des Publikums zu erregen. Dies wird natürlich in noch höherem Maße geschehen, sobald man nicht ein ruhendes, sondern ein wechselndes Bild hervorruft. Man gelangte daher zur Herstellung von Farbenumschaltern, welche ein Bild in verschiedenen Farben zeigten. Solcher automatischer Farbenschalter und Schalter, die in Schriftzügen von Glühlampen diese nach und nach einschalten, gibt es eine ganze Reihe; erwähnt soll jedoch nur der folgende sein.

Die Schaltung eines solchen *automatischen Farbenschalters,* wie ihn die „A. E.-G.“ baut, zeigt unsere Figur. Der Apparat ist für vier verschiedenfarbige Lampengruppen eingerichtet, welche mit einem Pol gemeinsam an Klemme 1 mit den andern Polen an 2, 3, 4, 5 angeschlossen werden. An Klemme — und + werden die Zuleitungsdrähte angelegt. Die Klemme 1 steht mit der —Klemme direkt in Verbindung, während Klemme 2, 3, 4, 5 über die zugehörigen Ausschaltkontakte A_2, A_3, A_4, A_5 mit der + Klemme verbunden werden können. Diese Verbindung wird nun automatisch in

folgender Weise hergestellt. Von der — Klemme zweigen gleichzeitig zu dem einen Ende der vier Magnetspulen *Sp* Drähte ab, die andern Enden der Spulen führen zu den vier übereinstimmenden Kontaktstücken C_2, C_3, C_4, C_5, welche auf der Innenseite eines Zylindermantels aufgelegt sind. Die innerhalb der Kontakte durch ein Uhrwerk angetriebene Schleifbürste ist nun mit dem + Pol verbunden und stellt daher immer eine leitende Verbindung über eine Spule her. So lange nun die Bürste auf einem Kontakt *C* schleift, ist durch Einziehen des betreffenden Ankers in die Spule die zugehörige Farbe eingeschaltet. Geht die Bürste auf das nächste Kontaktstück über, so gibt die Spule *Sp* den Anker frei und die kleine Spiralfeder schaltet den Glühlampenkreis aus. Die Anordnung der Kontakte C_2 . . . ist so getroffen, daß eine momentane Stromunterbrechung erfolgt und daher nur eine geringe Abnutzung auftritt. *SS* sind Schutzspulen, *St* ist eine elektrische Arretiervorrichtung für das Uhrwerk, wenn eine Farbe dauernd brennen soll. Durch Anwendung mehrerer Kontakte usw. kann natürlich jede beliebige Farbenzahl erreicht werden.

Figur 2. Das Schema eines *automatischen Erdschlußmelders*, der sowohl auf optischem wie auf akustischem Wege einen in der Anlage entstehenden Erdschluß anzeigt, ist folgenderweise angeordnet.

Innerhalb eines vorn mit einer Glasscheibe geschlossenen Gehäuses befinden sich eine Glühlampe *G* für Netzspannung, ein Elektromagnet, davor ein federnder Anker mit Stromunterbrecher für die Magnetspule; an dem Anker sitzt ein Klöppel zur Betätigung der Glocke *Gl.* Magnetspule und Glühlampe sind parallel geschaltet. Mit Umschalter *U* kann der Apparat mit je einem Netzpol verbunden werden.

Nehmen wir nun an, daß der —Pol des Netzes Erde, bezw. einen Isolationsfehler hat, und schalten *U* auf den +Pol, so wird ein Stromweg über Glühlampen bezw. Unterbrecher und Magnetspule zur Erde *E* und von dieser zu der fehlerhaften Stelle der —Leitung hergestellt werden. Die Glocke beginnt zu läuten, während gleichzeitig je nach der Größe des Fehlers die Lampe mehr oder weniger hell brennen wird. Es hat also immer der der Verbindung entgegengesetzte Pol einen Isolationsfehler, sobald der Melder in Funktion tritt. Ein Übelstand des Apparates ist, daß derselbe immer nur die Isolationsdifferenz der beiden Pole anzeigt, daher bei gleichzeitigen gleichgroßen Fehlern in beiden Leitungen nicht arbeitet (s. a. Tafel 103, Figur 6, 7).

Figur 2a. Bei Verwendung des vorbeschriebenen Apparates als *Erdschlußmelder für Dreileiteranlagen* mit isoliertem Mittelleiter erfährt derselbe eine kleine Veränderung nur dadurch, daß an Stelle des zweifachen ein drei-

facher Umschalthebel U gesetzt wird, während jedoch beim Anschluß an das Netz zwischen die mit den Außenleitern verbundenen Kontakte je eine Glühlampe G von halber Netzspannung geschaltet wird, so daß diese in Hintereinanderschaltung mit der im Apparate befindlichen Lampe liegen. Hat jetzt z. B. + Erde, so wird bei Stellung des Hebels auf — Kontakt die vorgeschaltete und die Apparatlampe aufleuchten, bei Stellung auf 0-Kontakt nur die Apparatlampe und auf — Kontakt keine Lampe brennen. Die erwähnten Lampen leuchten jedoch in beiden Stellungen gleich hell. Hat Null Erde, so werden die jeweilig bei + und — hintereinander liegenden Glühlampen gleichmäßig hell werden. Ist in + und — ein gleichgroßer Isolationsfehler, reagiert die Apparatlampe auf Null. Verschieden helles Brennen der Lampen läßt auf ungleich große Fehler in den Leitungen schließen, und man kann an Hand der Unterschiede feststellen, in welchem Leiter der Hauptfehler liegt. Hat man diesen beseitigt, so prüft man wieder usw., bis der Erdschluß ganz entfernt ist.

Figur 3. *Einen automatischen Melder bei Störungen in Kabelnetzen* zeigt uns das *System Agthe.* In der Zeichnung bedeuten: + — L Hauptleitung, P, P die im Kabel liegenden Prüfdrähte, W Vorschaltwiderstände, M Elektromagnete, a ein eine Fallklappe haltender Arretierhebel, B Batterie, W Wecker.

Die Prüdrähte sind über die Widerstände W und die Elektromagnete M mit den entgegengesetzten Polen verbunden, sodaß dieselben bei fehlerloser Haupt- und Prüfdrahtleitung strom- und spannungslos sind, während zwischen Kabel und beigeordnetem Prüfdraht eine Spannungsdifferenz in Höhe der Netzspannung herrscht. Sobald daher an irgend einer Stelle das Kabel schadhaft wird, tritt zunächst zwischen Prüfdraht und Kabel ein Stromübergang ein, welcher den Elektromagneten M magnetisiert; dieser zieht den über ihm liegenden Anker an, der Arretierhebel a läßt die Klappe fallen und der Stromkreis der Batterie B wird über Wecker W geschlossen.

Dadurch, daß zwischen Prüfdraht und Kabel die hohe Netzspannung herrscht, wird sich ein auch kleiner Fehler sofort bemerkbar machen. Zweckmäßig ordnet man noch zwischen den Prüfdrähten Voltmeter an, an denen man dann gleichzeitig die ungefähre Größe des Fehlers erkennen kann (hierüber siehe Tafel 102, Figur 3—6).

Tafel 55.

Figur 1. Bei Serienstromanlagen mit stark wechselndem Betriebe ist es oft nicht möglich, eine Regulierung der Dynamo von Hand zu bewirken, es sei denn, daß der Maschinist in der Primärstation ständig am Regulator stände, um je nach der Belastung Widerstand aus- oder einzuschalten. Diese

Methode würde sich jedoch zu kostspielig gestalten und verwendet man daher zur Abhilfe des besagten Übelstandes automatische Regulatoren.

Einen solchen *selbsttätigen Spannungsregler für Hauptstromanlagen* zeigt uns die Figur. Der feststehende Hauptstromregulator *HR* ist mit seinen beiden Widerstandenden direkt in die eine Hauptleitung eingeschaltet, während die Endpunkte der einzelnen Widerstandsspiralen in eine Reihe paralleler sich allmählich verkürzender Kontaktdrähte auslaufen. Unterhalb dieser ist senkrecht beweglich ein isolierter Napf mit Quecksilber *Q* angeordnet. Die Bewegung dieses Napfes nach oben oder unten hängt von der Differentialwirkung des Gewichtes *G* und des Solenoides *Sp* ab, welches den in Verlängerung des Halters von *Q* angesetzten Anker in sich hineinzuziehen bestrebt ist. Die Enden dieser Spule *Sp* sind mit den Hauptleitungen direkt verbunden, sodaß die auf den Anker ausgeübte Anziehungskraft bei fallender Spannung im Netz geringer, bei steigender stärker wird; es wird daher im ersteren Falle das Gewicht *G* den Napf mit *Q* heben, im letzteren *G* gehoben werden und *Q* sinken. Hieraus folgt jedoch, daß bei fallender Spannung bei *HR* Widerstand ausgeschaltet, bei steigender solcher eingeschaltet wird. Die Regulierung der Spannung geschieht daher völlig selbsttätig. Als Mißstand des Apparates muß betrachtet werden, daß der gesamte Hauptstrom bei Ein- und Ausschalten der Kontaktspulen über die Kontaktenden geführt wird, und daher störende Funken auftreten, doch kann dieses vermindert werden, wenn eine genügend große Anzahl Spulen und Kontakte gewählt werden, weil dann der Spannungsunterschied von Kontakt zu Kontakt unbedeutend wird und die Funken keine unzulässige Größe annehmen können. Zur Funkenlöschung gießt man auch etwas Öl auf das Quecksilber, wodurch gleichzeitig eine Oxydation vermieden wird.

Figur 2. Während bei dem vorstehenden Schema die Regulierung der Hauptstromanlage durch Regulieren des Widerstandes in der Hauptleitung geschah, haben wir im vorliegendem eine *selbsttätige Reguliervorrichtung durch Parallelschalten von Widerstand zu den Magnetwindungen* und Schwächung resp. Stärkung des Magnetfeldes.

Selbstverständlich kann hier so wenig wie bei dem vorigen Schema von einer idealen Regulierung die Rede sein, da die gesamten Faktoren des Netzes: Spannungsverlust, Stromverbrauchsapparate, Länge der Leitungen usw. mitwirken. Die „Brush Electric Comp.“ verwendet zur Änderung des Magnetfeldes die nachstehend beschriebene Schaltung.

Der eine Pol der Dynamo ist direkt über Sicherung *S* an die Schalttafelschienen gelegt, während der andere durch Sicherung *S*, eine Magnetspule *EM*, eine kleinere solche *E*, über Hebel *H*, Ampèremeter *A* zur zweiten Schiene führt. Parallel zur Magnetwicklung *HW* liegt ein aus Kohlenscheiben

bestehender Widerstand *KW*, dessen Leitungswiderstand von dem Druck eines Hebels abhängig ist. Denn werden die Scheiben zusammengepreßt, so vermindert sich der Widerstand in *KW*, läßt der Druck des Hebels nach, so erhöht sich derselbe. Die Stärke des Druckes ist nun abhängig von der *EM* durchfließenden (Haupt-) Stromstärke, welche ein Einziehen oder Fallenlassen des in *EM* liegenden Eisenkernes bewirkt. Um die Wirkung von Elektromagnet *EM* noch zu verstärken, ist parallel zu ihm ein regulierbarer Widerstand *W* gelegt; das eine Ende von *W* ist am Anfange der Spule *EM*, das zweite über Kontakt *K*, das isolierte Ende *i* des Hebels an das Ende von *EM* angeschlossen. Der Elektromagnet *E* unterbricht bei starker Stromstärke den Kontakt *K* durch Anziehen eines durch Feder *s* gehaltenen Hebels. Steigt nun die Stromstärke plötzlich im äußeren Stromkreise, so wird *EM* seinen Anker anziehen und *KW* zusammendrücken; ist die hierdurch hervorgebrachte Wirkung jedoch noch zu gering, so zieht auch *E* seinen Anker an, und unterbricht den Nebenschluß zu *EM* und erhöht dadurch die Gesamtwirkung. Fällt dagegen die Stromstärke, so läßt *EM* nach und erhöht indirekt den Widerstand von *KW*. Durch entsprechende Einstellung des Hebels am Widerstand *W* kann man die Wirkung von *EM* der jeweiligen Belastung entsprechend verstellen.

Figur 3. Die *automatische Spannungsregulierung der Nebenschlußmaschinen* geschieht wie ja überhaupt die Regulierung dieser Maschinen durch Ein- oder Abschalten von Widerstand in die Magneterregung und damit Verstärken oder Schwächen des Feldes. Man verwendet hierbei verschiedene im Prinzip gleiche, in der Schaltung und Konstruktion jedoch abweichende Apparate. Einige Schaltungen solcher wollen wir in folgenden Figuren näher betrachten.

Einen automatischen Spannungsregulator, den die Firma „Kalb & Co.“ Dresden, sowie „Voigt & Haeffner“ Frankfurt a. M. in fast gleicher Ausführung bauen, zeigt unsere Figur.

Als Nebenschlußregulator für die Dynamo *D* dient der Widerstand *W*, welcher mit seinen beiden Enden zwischen der Magnetwicklung und dem Ankerpol liegt. Das Solenoid *Sp* wirkt je nach der Höhe der Netzspannung, an welche es angeschlossen ist, mehr oder weniger anziehend auf den inneren Eisenkern, der oben das mit Quecksilber gefüllte Gefäß *Q* trägt. *G* ist ein Gegenwicht, *LP* eine als Dämpfer dienende Luftpumpe. W_1 ist ein kleiner regulierbarer Widerstand, und so bemessen, daß die Wirkung der Spule *Sp* bei kurzgeschlossenem W_1 auf Netzspannung, bei entsprechend vorgeschaltetem W_1 auf eine erhöhte Spannung z. B. Ladespannung für eine Akkumulatorenbatterie, oder auch der Belastung konform regulieren kann. Die Wirkungsweise bezügl. Kurzschließens und Einschaltens von Widerstand ist dieselbe wie bei Figur 1.

Tafel 56.

Figur 1. Das Schaltungsschema des *automatischen Nebenschlußregulators* der Firma „Siemens & Halske“ liegt uns hier vor, und zwar ist in der Figur: *D* die Nebenschlußdynamo, welche reguliert werden soll, *R* das Relais bezw. Steuerapparat, *Gl* eine Glühlampe, *Hsp* eine Hilfswiderstandsspule, *k* sind Elektromagnete, die je nach der Lage der sich drehenden Schleifkontakte *S* und der Kontaktstellung von *R* magnetisiert werden. In dem Steuerapparat *R* befindet sich die Relaisspule *RSp*, welche als Spannungsspule dient und direkt mit dem Netz verbunden ist. Dieselbe beeinflußt einen beweglichen senkrechten Kontaktarm, der bei zu hoher oder zu niedriger Spannung im Netz sich an einen der beiden neben ihm befindlichen Kontakte c_1, c_2 anlegt. *DSp* dient als Dämpfungsspule, HSp_2 als Hilfsspulen bei Stromschluß über c_1 oder c_2 und *S*. *NR* ist der Nebenschlußregulator.

Zur Erklärung der Wirkungsweise müssen wir vorher noch erwähnen, daß die 3 Schleifkontakte *S* aus 3 Bürsten bestehen, deren mittlere auf einem vollen, und deren beide äußeren auf zwei halben um 180° versetzten Schleifringen schleifen und so bei Schluß eines der Kontakte c_1 oder c_2 bei einmaliger Umdrehung von *S* den Strom einmal durch *k* leiten. Auf der Welle von *S* ist jetzt ein Exzenter angebracht, dessen abwärts führende Stange mit Gelenk versehen wird, sodaß der untere Teil durch eine Führung bei Rotieren von *S* in hoch- und niedergehende Bewegung gerät. Dieser untere Teil der Exzenterstange trägt ferner zwei federnde Sperrhaken (Klinkwerk), welche durch *k* angezogen in die Nuten eines auf *NR* sitzenden und mit dem Hebel von *NR* gekuppelten Rades eingreifen und daher dieses mitnehmen können.

Nehmen wir jetzt nach Herstellung der Verbindungen, wie Zeichnung, an, die Spannung im Netz fällt, so wird die Solenoidwirkung von *RSp* nachlassen und das Gewicht *G* den Hebel gegen Kontakt c_1 drücken. Der Strom durchfließt jetzt vom + Netz aus über Klemme 3 die Dämpfungsspule und teilt sich hier, einmal die Hilfsspule Hsp_1, das andere Mal Hebel, Kontakt c_1, eine Hilfsspule Hsp_2, Kontakt 4, *S*, *k* durchlaufend, um dann wieder vereint über Glühlampe *Gl* zum Netz zu gehen. Wir sehen hieraus, daß die Hilfsspule Hsp_1, Dämpfungsspule *DSp* und Glühlampe *Gl* dauernd unter Strom, und zwar bestimmter durch *Gl* gegebener Stärke stehen. Dadurch nun, daß Hsp_1 und ($Hsp_2 + k$) parallel geschaltet werden, tritt eine Stromunterbrechung bei c_1 und c_2 sowie an den Bürsten nicht auf, sondern es handelt sich hier nur um einen Teilstrom, der sonst mit durch Hsp_1 fließt; eine Funkenbildung bei c_1, c_2, *S* ist dadurch nach Möglichkeit vermieden.

Die Welle, auf der die Schleifringe *S* sitzen, läuft nur (s. Bürstenstellung) rechts herum; der Exzenter befindet sich in der gezeichneten Kontaktlage in

seiner tiefsten Stellung. Der Kontakt c_1 an R ist, wie oben erwähnt, noch geschlossen. Dreht sich jetzt die Welle weiter, so nimmt der steigende Exzenter die wieder freien Sperrhaken nach oben mit, beginnt er jedoch wieder zu sinken, so ist der Kontakt der linken Bürste mit dem Kontaktstück geschlossen, k wird magnetisiert und wirkt auf die Sperrhaken, und diese nehmen, solange der Exzenter fällt, das gezahnte Rad von NR und so den Hebel mit, wodurch Widerstand bei NR ausgeschaltet wird und die Spannung steigt. Bei darauf folgendem Hochgehen des Exzenters ist der Kontakt bei S wieder geöffnet.

Da nun der rechte halbe Schleifring, der über Klemme 5, Hsp_2 mit Kontakt c_2 verbunden zu dem linken um 180° versetzt ist, wird bewirkt, daß seine Schließung mit dem Heraufgehen des Exzenters und der Sperrhaken zusammenfällt, und hierdurch bei NR Widerstand vorgeschaltet, d. h. die Spannung herunterreguliert wird. Relais-Kontakt c_2 wird aber nur geschlossen, wenn die Spannung zu hoch und die Wirkung von RSp zu groß wird. Wir erkennen daher, daß der Apparat jederzeit seine Funktionen ohne Störung erfüllen wird. Die Welle S, die ca. 100 minutl. Umdrehungen macht, wird von einer Transmission angetrieben.

Figur 2. In dieser Figur wird der bereits vorher beschriebene *automatische Nebenschlußregulator* bezw. dessen Schleifkontakte und Klinkwerk *durch* einen kleinen Nebenschluß-*Motor angetrieben,* dessen Schenkelwicklung N gleichzeitig die Glühlampe Gl bei Figur 1 ersetzt; der Anker des Motors liegt direkt zwischen den Netzschienen (in der Ausführung natürlich gesichert). Anker und Magnetwicklung, letztere über Dämpfungsspule DSp, Hilfsspule H werden mit Hebelschalter H zugleich eingeschaltet. Die Anordnung des Relais ist dieselbe wie Figur 1 und dementsprechend auch die Wirkungsweise.

Tafel 57.

Figur 1. Zur automatischen *Regulierung der Spannung von Nebenschlußmaschinen* benutzt die „A. E.-G.“ den ihr patentierten *Regulator* nach *System Thury,* dessen Schaltung und Wirkungsweise wir an Hand des Schaltungsschemas besprechen wollen.

Der obere Teil des Schemas ist der Regulierapparat, der untere der eigentliche Nebenschlußregulator. Letzterer besteht wie gewöhnlich aus Widerstandsspulen, und wird in bekannter Weise mit der Dynamomaschine D verbunden. Der vom freien Nebenschlußpol herkommende Draht führt jedoch nicht zum Hebel selbst, sondern zu einer Schleifbahn N, sodaß der Hebel h nur eine Verbindung von N zu den Kontakten des Widerstandes bildet. Auf Kontakt k des letzteren ist der Widerstand NR kurzgeschlossen; ein Kurz-

schluß-Kontakt für die Magnetschenkel bei Unterbrechung der Erregung ist nicht vorhanden, da eine Unterbrechung des Schenkelstromes nicht stattfindet, weil sonst event. die Maschine unbeabsichtigt bei starker Entlastung außer Betrieb kommen könnte.

Von den Polen der Dynamo führen zwei Spannungsleitungen (bei 220 Volt wie in der Zeichnung angenommen über einen Vorschaltwiderstand *R*) zu den Klemmen 2 und 4 (bezw. über *R* noch zu 3) und von hier einmal über das als Voltmeter arbeitende Solenoid *Vm*, das andere Mal parallel zu *Vm* über Hebel *H*, *c* oder c_1, *m* oder m_1, zu Klemme 3 über die Windungen von Relais *R* zum mittleren Kontakt 3 (bei 110 Volt zu Kontakt 4). Der Vorschaltwiderstand *R* bewirkt daher eine bei 220 Volt für *Vm* und *m*, m_1 notwendig werdende Spannungsverminderung.

In das Solenoid *Vm* wird ein zylindrisches Eisenrohr *E* eingezogen. Dasselbe trägt an seinem unteren Ende einen Hebel *H*, der an einer Seite um eine Achse drehbar ist, während das andere Hebelende, das zwei Kontaktfedern hat, zwischen zwei Kontakten *c* und c_1 schwingt. Das die Regulierung veranlassende Glied des Apparates, nämlich der erwähnte Hebel *H*, hat also nur abwechselnd in der einen oder anderen Richtung einen Stromschluß zu bewirken, während die zum Regulieren selbst erforderliche Arbeit von außen von einer beliebigen Welle her mittels Schnurlaufs zugeführt wird.

Der durch das Solenoid bewirkte Stromschluß hat nämlich die abwechselnde Magnetisierung zweier sich gegenüberstehender Elektromagnete *m*, m_1 zur Folge, zwischen deren Polscheiben eine Eisenscheibe *a*, angetrieben durch den erwähnten Schnurlauf, rotiert.

Mit dieser Eisenscheibe befinden sich auf derselben Welle noch zwei konische Scheiben *S* und S_1, welche bei der Anziehung der Eisenscheibe auf eine größere horizontal gelagerte konische Scheibe *F* auflaufen und diese in Drehung versetzen. In die vertikale Welle der letzteren Scheibe ist eine Schnecke *Sn* geschnitten, die ein Schneckenrad und den damit verbundenen Hebel *h* dreht und dadurch die Änderung des Magnetwiderstandes *NR* veranlaßt.

Die Wirkungsweise des Apparates ist nun folgende. Hat die Dynamo *D* ihre normale Spannung erreicht, so wird der Eisenkern *E* in das Solenoid *Vm* soweit eingezogen sein, daß der Hebel *H* zwischen den beiden Kontaktschrauben *c* und c_1 frei schwebt. Sinkt oder steigt die Spannung durch veränderte Tourenzahl der Dynamo, durch Ein- oder Ausschalten von Lampen usw., so wird der Eisenkern *E* mehr oder weniger in das Solenoid *Vm* eingezogen werden, und der Hebel *H* sich an eine der Kontaktschrauben *c* oder c_1 anlegen, wodurch ein Strom geschlossen wird, der entweder den Elektromagneten *m* oder m_1 magnetisiert. Infolgedessen wird die Eisenscheibe *a* nach der einen oder anderen Seite hingezogen und dadurch auch eine der kleinen

konischen Scheiben S oder S_1 auf die Scheibe F gedrückt, sodaß diese so lange in Drehung versetzt wird, bis durch die durch h eintretende Widerstandsveränderung die Dynamo wieder auf normale Spannung gebracht ist und der Hebel H Kontakt c oder c_1 verläßt.

Ein besonderer Vorzug des Apparates ist es, daß er bei steigendem Stromverbrauch auch die Spannung der Dynamo in derartiger Weise steigert, daß der in der Leitung zwischen Maschine und Verbrauchsstelle auftretende Spannungsverlust ausgeglichen wird. Dies wird dadurch erreicht, daß die Kontaktschrauben c und c_1 nicht starr mit dem Regulatorgestell verbunden werden, sondern durch Vermittlung eines Zwischengliedes beweglich angeordnet sind. Dies Zwischenglied, welches um den Punkt P drehbar ist, trägt einerseits die Kontaktschrauben c und c_1, anderseits eine Verzahnung, in welche ein auf der Achse des Hebels h sitzendes Triebrad z eingreift. Mit der Bewegung von h werden somit c und c_1 zwangläufig verstellt, und zwar derartig, daß durch Sinken von c, d. h bei stärkerer Belastung der Dynamo, die Spannungserhöhung früher eintritt, als wenn Hebel h näher an k steht d. h. die Dynamo weniger belastet ist. Das Einstellen des Solenoides Vm auf die gewünschte Spannung geschieht durch Spannen oder Nachlassen der daneben befindlichen Spiralfeder s. Die neben c, c_1 noch befindlichen Schrauben drücken den Kontakthebel P von c, c_1 ab, wenn Hebel h in eine Endstellung gekommen ist. Hierdurch wird ein Überdrehen von Hebel h verhindert.

Außer, wie erwähnt, von einer Transmission kann die Welle des Regulators auch von einem kleinen während des Betriebes dauernd laufenden Hauptstrom-Elektromotor M betätigt werden, welcher einfach mit einem kleinen Dosenschalter ein- und ausgeschaltet wird. Auf die Anordnung in der Zeichnung kommen wir noch zurück.

Da der Thury-Regulator ein indirekt wirkender Regulator ist, ist er als solcher imstande, bei großer Empfindlichkeit bedeutende Arbeitsleistungen auszuführen. Er eignet sich daher sowohl zum Regulieren von Nebenschlußmaschinen, wie beschrieben, als auch zur Konstanterhaltung der Spannung in Speiseleitungen, Akkumulatorenbatterien, wo meistens schwerere Hebel und Schleifkontakte in Bewegung zu setzen sind.

Bei diesen letzten Arten der Regulierung werden Spannungsschwankungen weniger häufig vorkommen wie bei Nebenschlußmaschinen, und ist zur Vermeidung des fortwährenden Laufens und der damit verbundenen Abnutzung folgende Einrichtung getroffen. Zwischen dem Punkt, wo sich die von c und c_1 über m und m_1 laufenden Drähte vereinigen, und der Klemme 3 wird das Relais R eingeschaltet, welches mittels des Kohlenausschalters c den Stromkreis für den Motor M schließt, sobald es von einem Strom durchflossen wird; demgemäß läuft der Motor nur solange, als das Relais Strom erhält, d. h. Hebel h Kontakt c oder c_1 berührt.

Reguliert man mit einem Thury mehrere Maschinen, so verwendet man hierbei ein Vorgelege, das durch Schnurscheiben die Bewegung von F auf die verschiedenen getrennt vom Regulierapparat nebeneinander befestigten Nebenschlußregulatoren überträgt.

Es kann hierbei jedoch wie beim Betrieb mehrerer Regulatoren durch je einen Thury sehr leicht vorkommen, daß die *parallelgeschalteten Nebenschlußmaschinen ungleich belastet* arbeiten. Um dieses nun *nach Möglichkeit zu vermeiden* gibt E. Dick (ETZ. 00, Heft 4) folgendes in der Schaltung vorliegende Verfahren an.

Tafel 58.

In ein metallisches Kontaktgefäß, welches mit Quecksilber gefüllt wird, taucht das untere isolierte Stück J eines Eisenkernes E. In das Gefäß werden isoliert gegen dasselbe und gegeneinander die Enden der Spiralen des Widerstandes W_1 eingeführt. Das Kurzschließen von Windungen geschieht daher durch das Quecksilber Q, welches durch den sinkenden Kern mit J dasselbe in die Höhe drückt, während bei völligem Hochgehen von J Q herabsinkt und die Kontakte C ausgeschaltet sind. Im letzteren Falle ist daher der gesamte Widerstand W_1 in den Erregerstromkreis der Dynamomaschine eingeschaltet.

In dem Schema, das nur die hauptsächlichsten Apparate enthält, bedeutet D_1, D_2 usw. die *Dynamomaschinen, welche parallel auf die Sammelschienen arbeiten,* N_1, N_2 usw. die Magnetwicklungen, W_1, W_2 usw. die Nebenschlußwiderstände und H einpolige Ausschalter. Die Spannungsspulen S_1, S_2 usw. der Regulierapparate sind bei 1, 1_1, 2, 2_1 an die Pole der Dynamomaschinen angeschlossen. Außer dieser Spannungsspule besitzen die Regulatoren noch eine Differentialwicklung Dsp, welche einmal an die Magnetwicklung N, das andere Mal über den Hebelausschalter H an eine Hilfsschiene angeschlossen wird. Nehmen wir nun an, D_2 soll bei steigendem Betrieb zu D_1 geschaltet werden, so wird, nachdem D_2 volle Tourenzahl hat und erregt ist, die Erregerstromstärke von D_2 kleiner als diejenige von D_1 sein, weil erstere noch unbelastet läuft, anderseits die Klemmenspannungen der Dynamos aber miteinander übereinstimmen. Schalten wir jetzt D_2 parallel D_1, so fließt durch die Differentialspulen Dsp ein Strom, dessen Richtung gleich ist demjenigen in der Spule S_1, entgegengesetzt jedoch demjenigen der Spule S_2. Die Folge hiervon ist, daß E_1 in die Spule höher eingezogen wird wie E_2 in die seinige, sodaß bei W_1 Widerstand ein-, bei W_2 solcher ausgeschaltet wird. Allmählich reguliert daher Dynamo D_2 so, daß sie die gleiche Belastung wie D_1 hat. Beim Zuschalten einer dritten Dynamo D_3 usw. sind die Vorgänge genau dieselben, nur daß dann in Dsp_1 und Dsp_2 gleiche Stromrichtung wie in S_1, S_2 herrscht, während in Dsp_3 dieselbe umgekehrt wie in S_3 ist.

Als mechanischer Teil des Regulators sei noch ein Kompensationsapparat erwähnt, welcher den Zweck hat, den Regulator auf eine gewünschte Spannung arbeiten zu lassen, indem derselbe die magnetische Zugkraft des Solenoids auf *E*, den Auftrieb von *E* durch *Q*, sowie das Gewicht von *E* zueinander ins Gleichgewicht bringt. Eine hintereinander zu S_1 . . . angeordnete Spule mit Reguliervorrichtung dient zur Einstellung der Spannung z. B. bei Akkumulatorenladung. Die letzteren Apparate sind in der Zeichnung nicht angegeben.

Tafel 59.

Figur 1. Das *Schaltungsschema und Regulierwerk eines automatischen Zellenschalters, der ohne Kontaktvorrichtungen arbeitet* und bei dem Relais vermieden sind, weil das Regulierwerk durch rein mechanische Mittel angetrieben wird, beschreibt B. Krause in der E.T.Z. 03, Heft 19.

Durch die Vermeidung aller sich öffnenden oder schließenden Kontakte, die durch Versagen Störungen herbeiführen können, arbeitet dieser Apparat ohne jeden stromunterbrechenden Kontakt, indem die steigende oder fallende Spannung auf ein Solenoid wirkt und der Anker dieses direkt ein Zwischenglied einschaltet, wodurch dann der eigentliche Apparat mit einer stets rotierenden Antriebsvorrichtung gekuppelt und in Bewegung gesetzt wird. Die eigentliche Arbeitsleistung geschieht daher nicht vom Solenoid, sondern von außerhalb durch einen besonderen Motor, Transmission usw. Betrachten wir nun den Apparat.

Derselbe zerfällt in drei Hauptteile: „Die Auslösevorrichtung, die Antriebshebel und die Hubvorrichtung". Die Auslösevorrichtung besteht aus der Spule *S*, welche bestrebt ist, den Eisenkern *A* in sich hineinzuziehen, und dem Wagebalken *W* mit den beiden Sperrklinken *18* und *18'*. Der Eisenkern ist leicht beweglich, mit dem einen Ende des Wagebalkens *W* gekuppelt und das ganze System durch die am anderen Ende des letzteren befindliche Regulierschraube so ausbalanziert, daß bei normalem Strom in der Spule *S* der Balken *W* horizontal steht. Der obere Teil des Eisenkernes *A* wird durch die Feder *6* geführt und trägt oben eine Dämpfungsscheibe, welche in der Luftpumpe *L* spielt. Die Antriebshebel *H* und H_1 sind um die Punkte *8* und *8'* drehbar und tragen an ihrem unteren Ende je eine Schaltklinke *S* und S_1, welche mit den Blattfedern *23* und *23'* versehen sind.

Die Hubvorrichtung besteht aus dem in dauernder Bewegung befindlichen Schwungrad *C*, welches bei seiner Rotation mittels Kurbel und Stange den bei V_1 drehbaren Hebel *V* in eine pendelnde Bewegung versetzt. Bei jeder extremen Stellung hebt der oberhalb des Drehpunktes V_1 befindliche Stift *21* eine der beiden bei *17* und *17'* drehbaren Halteklinken an, wodurch der entsprechende Antriebshebel *H* oder H_1 freigegeben wird.

In der Figur ist nun die Stellung der Auslösevorrichtung bei normalem Strome in Spule S dargestellt. Der Wagebalken W ist horizontal und die Halteklinken werden durch eine Spiralfeder an den unteren Enden zusammengezogen, sodaß ihre horizontalen Arme mit ihren schrägen Flächen auf die Stifte *16* und *16*[1] der Antriebshebel H und H_1 wirken und sie in dieser Lage festhalten. Die Sperrklinken *18* und *18*[1] sind dabei mit den Hebeln H und H_1 nicht in Berührung, sodaß das vom Strom beeinflußte System vollständig frei einspielen kann. Gelangt jetzt der pendelnde Hebel V in eine extreme Lage, so wird er mit seinem oberen Stift *21* z. B. die Halteklinke links anheben, wodurch der Antriebshebel H frei wird. Derselbe kann jedoch nur bis gegen die Sperrklinke *18* fallen und wird, nachdem der Hebel V seine extreme Stellung verlassen hat, durch den Hebel links wieder zurückgezogen. Die beiden Antriebshebel werden also bei der gezeichneten Stellung des Wagebalkens W abwechselnd leicht gegen die Klinken *18* und *18*[1] fallen, ohne das Schaltrad zu betätigen.

Bei zu geringem Strom in der Spule A schiebt sich die Sperrklinke soweit vor, daß der Antriebshebel H_1 frei darunter passieren kann, wenn er durch die vom Stift *21* angehobene Halteklinke rechts freigegeben wurde. Derselbe bewegte sich nur unter dem Einfluß der Feder O in die gezeichnete Stellung, wobei die Schaltklinke S_1 in eine Zahnlücke des Schaltrades B einfällt. Bei der weiteren Drehung des Rades C wird der Antriebshebel H_1 mittels der auf dem Hebel V befindlichen Rolle *9* in die punktiert gezeichnete Normalstellung zurückbefördert und von der Halteklinke rechts wieder festgehalten.

Wie aus vorstehendem ersichtlich, besteht das Prinzip des Apparates darin, daß eine Auslösevorrichtung den von einer Hubvorrichtung periodisch freigegebenen Antriebselementen bei normalem Strom in der Auslösespule den Durchgang in die arbeitsbereite Stellung versperrt und bei anormalem Strom in der einen oder anderen Richtung gestattet. Durch diese Einrichtung ist das bisher übliche Kontaktrelais in vorteilhafter Weise ersetzt worden, da das Einspielen des Wagebalkens ungehindert vor sich geht und durch das leichte Anschlagen der periodisch freigegebenen Antriebshebel H und H_1 etwa vorkommende Klemmungen des Systems sogar teilweise unschädlich gemacht werden.

Figur 2. Einen weiteren sehr interessanten *neuen Spannungsregulator für Gleich- und Wechselstrom* bei reinem Maschinenbetrieb — ohne Ausgleich durch Batterie —, welcher von A. Tyrrell konstruiert ist, beschreibt Herr S. Härdén folgendermaßen*):

*) Näheres s. E.T.Z. 03 No. 39.

Vor die Feldwicklung der Erregermaschine E ist ein konstanter Widerstand W_1 geschaltet. Dieser Widerstand W_1 wird zeitweise kurzgeschlossen durch eine auf- und niedergehende Zunge a, die mittels eines Kontaktstiftes das Öffnen und Kurzschließen besorgt, und hierdurch dem Erregerstrom der Hauptmaschine einen pulsierenden Charakter gibt. Die Geschwindigkeit dieser Zunge und somit die Dauer der Kurzschließung und des Öffnens des Vorschaltwiderstandes wird in erster Linie von der Spannung der Hauptdynamo, aber auch teilweise durch ihren Strom bewirkt. Um die Funkenbildung an der Kontaktstelle C_2 zu vermeiden, ist ein kleiner Kondensator parallel zu der Unterbrechungsstelle gelegt. Der Widerstand W_2 ist der Feldwicklung der Hauptmaschine vorgeschaltet und hat einen, weiter unten erläuterten Zweck. StT ist ein Stromtransformator, SpT ein Spannungstransformator; beide sind von verhältnismäßig sehr kleinen Abmessungen.

Die ganze Anordnung wirkt nun wie folgt: steigt die Spannung der Hauptmaschine, z. B. dadurch, daß letztere schneller läuft, so steigt auch die Sekundärspannung des Transformators SpT welche über Widerstand W_3 zu den Windungen der Spule s geht, sodaß die Stromstärke in s ansteigt. Hierdurch wird der in dieser Spule befindliche Eisenkern E in die Höhe gezogen, wobei die Bewegung durch die Luftpumpe Lp gemäßigt wird. Beim Hinaufgehen des Eisenkernes E wird der Kontakt bei c^1 geschlossen, wobei der Stromweg vom Verzweigungspunkte P über Hebel h_1, Kontakt c^1, Hebel h_1 zu den Windungen m des Magneten und von dort zum negativen Pol der Erregermaschine zurück geschlossen ist. Der Erregerstrom fließt nun über W_1 zum Erregerfeld N, denn durch den Stromschluß bei c^1 wurde m magnetisch und zog die Zunge a an, gleichzeitig die Kontaktstelle c_2 öffnend. Dieser Kontakt c_2 schloß aber in der Ruhestellung der Zunge a den Widerstand W_1 kurz. Hierdurch wird der Erregerstrom geschwächt, sodaß die Erregung und die Spannung der Hauptmaschine fällt. Jetzt sinkt aber auch die Stromstärke in s, sodaß der Anker E herabschnellt, dabei den Kontakt bei c^1 wieder öffnend, die Windung m wird stromlos, sodaß die Zunge a den Widerstand W_1 über c_2 wieder kurzschließt. Die polarisierende Wicklung m_1 — in entgegengesetzter Richtung zu den Windungen m — auf dem Magneten A beschleunigt die Bewegung von a. Diese Wicklung m erhält ihren Strom über den Widerstand W_4, der so abgemessen ist, daß nur so viel Strom hindurch fließen kann, daß der Elektromagnet sofort entmagnetisiert wird, wenn m stromlos wird, ohne jedoch die Zunge a anziehen zu können. Hierdurch vibriert die Zunge Z sehr rasch, wenn rasch aufeinander folgende Stromstöße durch m fließen. An der Spule von E ist eine Art Kompoundierung mit den Windungen s_1 angebracht; diese werden von dem Strom der Hauptmaschine über Stromtransformator StT beeinflußt. Das Solenoid S_1, das den Strom von dem in Serie mit der Hautfeldwicklung liegenden Wider-

stande W_2 erhält, dient zur Einstellung für bestimmte Belastung und Wirkung von c_1. Dieses Solenoid wirkt auf den Hebel h_1, wobei die Bewegung wiederum durch die Spiralfedern f einreguliert werden kann. Die Lage der Kontaktstelle c_1 wird hierdurch auch von dem Erregerstrome selbst fixiert, sodaß die Kontaktgebung an c eben zu rechter Zeit erfolgt.

Die Schalter a_1, a_2 dienen zum Ausschalten der Windungen s und m, um den Apparat außer Wirksamkeit zu setzen.

Tafel 60.

Figur 1 und **2** zeigt uns die soeben Tafel 56 beschriebenen *automatischen Regulatoren in Verbindung mit Zellenschalter* bei Verwendung in *Dreileiteranlagen* und zwar Figur 1 mit Antrieb der Schaltwerke *Sch* durch einen Motor *M*, Figur 2 einen solchen mit Antrieb durch eine Transmission. Den Unterschied von einer späteren Schaltung Tafel 65 bildet der Fortfall des Relais für den Motor, sodaß das Schaltwerk hier beständig läuft.

In der Zeichnung bedeuten *St* Steuerapparate, *RSp* Relaisspule, *Dsp* Dämpfungsspule, *Hsp* Hilfsspule, *Sch* Schleifkontakte bezw. Schaltwerk, *K* Klinkwerk, *Z* Zellenschalter; ferner bedingt diese Schaltung zum funkenlosen Funktionieren noch die Zwischenschaltung der Hilfsspule *H*. In Figur 2 ist die Nebenschlußverbindung *N* des Motors *M* in Figur 1 durch eine Glühlampe *Gl* ersetzt. Die Wirkungsweise der Apparate läßt sich nach dem vorher Gesagten an Hand der Schemata leicht erkennen, so daß hier auf eine nähere Beschreibung nicht eingegangen werden braucht.

Tafel 61.

Selbstverständlich können die erwähnten Steuerapparate mit Motorantrieb nebst Schaltwerken auch zu jeder beliebigen anderen *selbsttätigen Spannungsregulierung in Dreileiteranlagen* verwendet werden, wie z. B. im vorliegenden Falle zur Regulierung *von Nebenschlußmaschinen*. Eine solche Anwendung *für* eine *Dreileiteranlage* ist in Tafel 61 dargestellt. Zum Unterschiede von Tafel 60, Figur 1 erfolgt der Antrieb der Schaltwerke *Sch* durch je einen Motor *M*. Die Wirkungsweise der Apparate sowie auch die Bezeichnung ist dieselbe wie in Tafel 60. Die Nebenschlußregulatoren werden in der bekannten Weise mit den zugehörigen Dynamos verbunden, jedoch mit der Abweichung, daß der Kurzschlußkontakt *K* nicht angeschlossen wird, da hierdurch event. Störungen im Betriebe eintreten könten; es muß daher ein Arretierstift den Hebel von *NR* auf dem ersten Widerstandkontakte am weiteren Zurückgehen hindern. Ein beim Klinkwerk *K* angebrachter und durch dieses beteiligter Stromunterbrecher sorgt übrigens dafür, daß der Regulator nicht weiter geht, wenn er in einer Endstellung angekommen ist.

Tafel 62.

Eine seit mehreren Jahren tadellos arbeitende *automatische Spannungsregulierung* und *automatische Maschinenein- und -ausschaltung* für *schwankende industrielle Betriebe* ist vom Verfasser folgendermaßen ausgeführt worden.

Zunächst soll erwähnt werden, daß die Antriebsverhältnisse äußerst ungünstige waren, da die Antriebswelle bei den Messungen je nach der Belastung zwischen 60 und 120 Upm. machte, also um 50% schwankte. Eine Regulierung der Antriebskraft (Turbine) war nicht möglich, da der verschieden schnelle Gang für den Betrieb (schwere Schleiferei von Feilen) gewünscht wurde, je nachdem leichtere oder schwerere Stücke geschliffen wurden.

Infolgedessen mußte der Antrieb der Dynamo so gewählt werden, daß bei der von ihr abzugebenden Leistung die Tourenzahl so hoch war, daß die Betriebs-Spannung bei geschlossenem Nebenschlußregulator noch erreicht wurde, wobei jedoch zwecks konstanter Erregerspannung der Erregerstrom aus der parallel arbeitenden Akkumulatorenbatterie entnommen wurde. Hierdurch wurde erreicht, daß die Maschine die Betriebsspannung bei wesentlich niedrigerer Tourenzahl ergab (1200 i. d. M.), als dies der Fall bei Selbsterregung gewesen wäre, wo die Erregerspannung mit der Ankerspannung und Tourenzahl fast proportional sinkt. In entgegengesetzter Weise brauchte die Erregerspannung infolge der Fremderregung nicht so wesentlich bei der höchsten Tourenzahl 2400 i. d. M. geschwächt werden, als dies bei Selbsterregung der Fall gewesen wäre.

Die Akkumulatorenbatterie ist der Dynamo ständig, mit Ausnahme bei Ladung, parallel geschaltet. Wird nun die Stromstärke der Dynamo = 0 infolge weiteren Fallens der Tourenzahl, so schaltet der Automat *St M* die Maschine *D* ab, steigt die Spannung wieder über z. B. 117 Volt bei Leerlauf, so zieht die Nebenschlußspule S_1 des automatischen Ein- und Ausschalters den einen Anker an und schaltet die Maschine wieder ein. Die Stromspule *S* hält denselben so lange fest, bis gegebenenfalls der Strom wieder 0 wird bei der Netzspannung von 110 Volt. Bei dieser Spannung hält auch S_1 nicht mehr und das verstellbare Gewicht *G* schaltet wieder aus. *RW* dient zum Einregulieren von S_1 auf eine bestimmte Spannung (z. B. 108 Volt). Der Nebenschlußregulator *NR*, der mit NR_1 in Hintereinanderschaltung liegt, dient beim Ansetzen der Dynamo zur Handregulierung, um auch später bei verschiedener Belastung NR_1 so einspielen lassen zu können, daß bei der durchschnittlichen Tourenzahl je nach der Belastung NR_1 zur Hälfte kurzgeschlossen ist, also nach oben und unten gleich weit regulieren kann. Mit RW_1 wird die Regulierspannung von Solenoid *So* festgesetzt, jenachdem die Dynamo auf Netz- oder Batterieladung arbeitet. Eine Schädigung der Batterie (A. F. A. G.) durch das Puffern ist nach mehrjährigem Betrieb nicht bemerkt worden.

Tafel 63.

Figur 1. Die Reguliervorrichtung für einen *automatischen Zellenschalter* nach dem System der „Akk.-Fabrik A.-G. Berlin-Hagen“ zeigt uns die vorstehende Figur.

Die als Solenoid dienende Relaisspule bezw. Spannungsspule S des Relais R wird über einen Vorschaltwiderstand Vw an das Netz angeschlossen und stellt bei steigender bezw. fallender Netzspannung durch Einwirkung auf den Eisenkern Kontakt bei c oder c_1 her. In normaler Stellung schwebt der Kern zwischen den Kontakten. Nehmen wir zur Erläuterung des Vorganges jetzt an, daß die Spannung fällt und c_1 Kontakt gibt, so wird durch diesen ein Strom über Zelle 4, c_1, m_1, a, Zelle 1 geschlossen. Die Folge hiervon ist, daß der Eisenkern E in m_1 hineingezogen wird und hierdurch q herunterzieht, welches seinerseits über die beiden Quecksilbernäpfe, die Magnetwicklung M_1 einschaltet. M_1 ist nun ein starker Elektromagnet, der durch Anziehen seines Eisenkernes ein Klinkwerk betätigt, das einmal den Kontakt bei a löst und gleichzeitig eine Zelle zuschaltet. Durch das Lösen von a wird aber q ausgeschaltet, M_1 wird stromlos und der herabsinkende Eisenkern schaltet a wieder ein. Ist die Spannung jetzt noch zu niedrig, so wird sich der ganze Vorgang so oft wiederholen, bis die normale Spannung am Entladehebel der Batterie herrscht. Bei zu hoher Spannung wird durch Schließen von Kontakt C der Vorgang der umgekehrte sein, d. h. q wird die beiden rechtsliegenden Quecksilbernäpfe verbinden und M_2 in Wirkung treten.

Aus dem ganzen Vorgang ersehen wir, daß die Regulierung nicht durch das Relais direkt, sondern indirekt erfolgt, und daher einerseits schädigende Funken an demselben nicht auftreten können, anderseits die eigentliche Reguliervorrichtung massiv und stark gehalten werden kann, da ein besonderer Strom direkt auf dieselbe wirkt.

Figur 2. Die Wirkungsweise des *automatischen Zellenschalter mit Motorantrieb* der „Akk.-Fabr. A.-G.“ gestaltet sich folgendermaßen. Das Solenoid S des Relais R bewirkt in gleicher Weise wie in Figur 1 bei fallender oder steigender Spannung einen Stromschluß über c_1 oder c; hierdurch wird der oben rechts befindliche Umschalter entsprechend eingeschaltet, der wieder den Strom über den unten angedeuteten Motor schließt. Zuvor wird jedoch das auf der Zellenschalterwelle sitzende korrespondierende Kegelrad infolge der magnetischen Wirkung der starken Magnetspulen für die bestimmte Drehrichtung, d. h. Ab- oder Zuschalten in das auf der Motorwelle sitzende Zahnrad eingekämmt. Die Stromzuführung zu den Magneten geschieht durch eine Bürste. Der Stromlauf und die Wirkungsweise geht auf Grund des bekannten Prinzips aus der Figur hervor. Bemerkt soll noch werden, daß der

Schleifkontakt des Zellenschalters in seinen beiden äußeren Stellungen gegen eine kleine Feder drückt und so die Verbindung zu c bezw. c_1 unterbricht, so daß der Motor nie so eingeschaltet werden kann, daß er den Hebel über die erste oder letzte Zelle bewegt.

Tafel 64.

Die Firma „Voigt & Haeffner" baut ihren *automatischen Zellenschalter* nach vorliegender Schaltung. Der Antrieb desselben vollzieht sich folgendermaßen:

Das Handrad des Zellenschalters besitzt eine Anzahl Einschnitte, in welche zwei magnetisch federnde Klinken (D.R.P.) einfassen können, wenn dieselben durch einen Elektromagnet E in die geeignete Stellung gebracht werden. Diese Klinken liegen mit ihren Elektromagneten in dem Rahmengehäuse S, welches unter der Einwirkung eines durch den Elektromotor m angetriebenen Kurbelgeschiebes sich hin und her bewegt. Das Relais setzt sich zusammen aus dem Kontaktvoltmeter R, welches der Spannung entsprechend entweder an dem oberen oder unteren Kontaktstift K Stromschluß herstellt; hierdurch wird der korrespondierende Eisenkern E der Relais-Spule M_1 oder M_2 in das Solenoid gezogen. Der Eisenkern E drückt nun zunächst mittels eines isolierten Bolzens den linken oder rechten Motorkontakt e an den Stromzuleitungskontakt d, schaltet dadurch den Motor ein, der nun das Gehäuse S in eine hin- und hergehende Bewegung versetzt, bringt dann die beiden Kontakte mit der Klinkenkontaktklemme c in Verbindung und bewirkt hierdurch die Erregung des betreffenden Elektromagneten E, der seinerseits wiederum die betreffende Klinke zum Eingriff veranlaßt, sodaß durch hin- und hergehende Bewegung das gezahnte Rad nach links oder rechts um je einen Kontakt verstellt wird. Ist die richtige Spannung wieder hergestellt, so wird zunächst das Relais R in seine Nullage zurückgehen, worauf durch Unterbrechung der übrigen Kontakte der ganze Steuermechanismus zur Ruhe kommt, um bei Spannungsänderungen das Spiel von neuem zu beginnen. Die Anschlußkontakte $-D$ und $-Z_1$ . . . . dienen zur Verbindung mit der Dynamo und den Schaltzellen der Batterien.

Tafel 65.

Bei der *automatischen Regulierung der Entladespannung* verfährt die Firma „Siemens & Halske" nach dem ähnlich dem auf Tafel 56 näher beschriebenen Schema.

Ein Steuerapparat *StApp* wird mit seiner als Spannungsrelais dienenden Spule *Rsp* bei + und — an die gleichnamigen Schienen gelegt. Der zwischen zwei Kontakten schwingende Kontaktpendel stellt sich infolge der Differentialwirkung von *Rsp* und einem kleinen verstellbaren Gegengewicht

bei normaler Spannung zwischen die beiden Kontakte. Würde jetzt z. B. im Netz die Spannung steigen, so zieht die Spannungsspule *Rsp* den Zeiger gegen den rechts liegenden Kontakt. Gleichzeitig tritt auch das rechts liegende Relais *Rel*, welches den Hilfsmotor *M* ein- und ausschaltet, in Tätigkeit, indem der Kontaktfinger nach oben gezogen wird. Hierdurch werden nun folgende Stromverbindungen direkt bezw. indirekt hervorgerufen:

Von der zehnten Zelle der im Zellenschalter *Z* liegenden Batterie über Klinkwerk *KW* (die genauere Einrichtung desselben wurde bereits Tafel 56 beschrieben), Schleifkontakt *Sch*, Hilfsspule *Hsp*, den Zeigerkontakt zu einer Spule des Motor-Relais *Rel* und weiter zur ersten Zelle der Batterie. Durch das Durchfließen von *KW* werden die Magnete der Klinkwerke wirksam und diese entsprechend zum Eingriff in das Zellenschalterrad gebracht, während das Relais *Rel* einen Stromschluß über: zehnte Zelle, Relaiskontakt, zweite Widerstandsspule und Motor *M* bewirkt, so daß dieser zum Anlauf gebracht wird. Parallel zum Motor und dem Steuerapparat *StApp* sowie *Rel* liegt eine Dämpfungsspule, welche einmal die Bewegungen des Kontaktes von *StApp* mildern, anderseits die Funkenbildung an diesem sowie beim Relais *Rel* vermindern soll.

Der Motor *M* läuft bei dieser Schaltung daher nur, sobald das Relais in Tätigkeit tritt. Die rechts auf dem Schaltwerk *Sch* liegenden Schleifkontakte kommen nur bei fallender Spannung in Gebrauch. Der Vorgang hierbei erklärt sich nach näherer Betrachtung des Schemas von selbst.

Erwähnung soll noch die Konstruktion des Zellenschalters *Z* finden, bei welchem nicht wie sonst die beiden Hebel-Schleiffedern direkt über einen Widerstand verbunden sind, sondern bei welchem die den Zellenkontakten entgegengesetzten Enden ungleich lang sind und auf je einer Schleifbahn Sk_1, Sk_2 schleifen. Zwischen Sk_1 und Sk_2 ist nun der Widerstand, der an beliebiger Stelle der Schalttafel montiert wird, angeschlossen. Auf diese Weise sind sich erwärmende Teile an der Vorderseite der Tafel vermieden.

Tafel 66.

Figur 1 bis 3. Eine neuere Anordnung für einen *automatischen Zellenschalter* gibt uns *Dr. P. Meyer, A.-G.*, und wollen wir dieselbe mit zugehörigen Apparaten nachstehend besprechen.

Bei der Konstruktion ging das Bestreben dahin, sämtliche Teile des Antriebes, einschließlich Motor, mit Ausnahme des Kontaktvoltmeters und der Endausschalter, in einen Apparat zusammenzuziehen, welcher an jeden Zellenschalter angesetzt werden kann, ohne daß der letztere dem Antrieb konstruktiv besonders angepaßt zu werden braucht. Ferner sollte der Motor nur während der eigentlichen Schaltbewegung laufen, um unnötigen Energie-

verbrauch zu vermeiden und Erschütterungen, die niemals ganz aufzuheben sind, nicht fortdauernd auftreten zu lassen. Außerdem sollte die Möglichkeit gegeben sein, den Antrieb zur Betätigung aus der Ferne mittels einfacher Druckknöpfe oder Kurbelschalter zu verwenden.

Figur 1 zeigt das Schaltungsschema des Steuer-Apparates. *R* stellt ein Kontaktvoltmeter gewöhnlicher Art mit den Kontakten *c*, c_1 dar. M_1 und M_1 sind 2 Magnetspulen, in denen ein doppelter Anker liegt, welcher durch die beiden federnden Bolzen f_1 und *f* in der gezeichneten mittleren Lage gehalten wird. Die Ankerwelle überträgt die Bewegung des Ankers auf die beiden um die Punkte c_1 und c_2 drehbaren Kohlekontakte r_1 und r_2 mittels der Knaggen t_1 und t_2. Die beweglichen Kohlekontakte r_1 und r_2 kommen je nach der Stellung des Ankers mit den festen Kontakten u_1, u_2, u_3 in Berührung. Ferner ist *k* die mit dem Anker verbundene Brücke, welche die Kontakte *l*, *m*, *n* trägt. Diese Kontakte schleifen auf der Scheibe *o*, welche in der folgenden Figur 2 in der Aufsicht gezeichnet ist, bei verschiedener gegenseitiger Stellung von Scheibe *o* und Brücke *k*. Die Scheibe *o* dreht sich mit der Spindel des Zellenschalters und macht eine Umdrehung, wenn der Zellenschalter um einen Kontakt vorgerückt ist. Die in der Zeichnung dargestellte Lage der einzelnen Teile gegeneinander entspricht der Ruhestellung der Vorrichtung.

Das Spiel ist nun folgendes: Steigt die Spannung in mit den + und — bezeichneten Leitungen Fig. 1 um ein Bestimmtes über den normalen Wert, so hebt das Kontaktvoltmeter *a* seinen Kern an und macht bei *c* Kontakt. Der Strom gelangt von + über *c* nach Spule M_2 und zu — zurück. M_2 zieht also den Anker an. Derselbe bewegt sich mit allen daran hängenden Teilen nach links. Durch diese Bewegung geschehen gleichzeitig zwei Schaltungen: 1. An der Scheibe *o*; die Stellung der Scheibe in der Ruhelage ist die der Fig. 2 oben, die Stellung, nachdem der Anker von M_2 angezogen worden ist, in der Mitte. Der Kontakt *l* berührt jetzt den Ring *p* und bildet dadurch einen neuen Weg für den Magnetisierungsstrom der Spule M_2, der bisher über den Voltmeterkontakt *c* gegangen war, nämlich von + über *n*, *p*, *l*, Spule M_2 nach —. Von diesem Augenblick an ist also die Vorrichtung unabhängig vom Kontaktvoltmeter *R*. Der Kontakt bei *c* kann unterbrochen werden, oder es kann sogar bei c_1 Kontakt gemacht werden, ohne daß die Spule M_2 den Anker losläßt. Der Motor *HM* braucht dabei noch nicht angelaufen zu sein. 2. Gleichzeitige Schaltung an dem Motorschalter. Bei der Linksbewegung der Ankerwelle nimmt der Knaggen t_2 den Kontakt r_2 mit und bringt ihn zur Berührung mit u_3. r_1 ändert seine Stellung nicht, sondern bleibt in Kontakt mit u_2. Jetzt bekommt der Anker des Motors Strom von + über u_3, r_2, r_1, u_2 nach —. Der Anker dreht sich jetzt so, daß die Scheibe *o* in der Pfeilrichtung gedreht wird. Diese

Richtung entspricht unter Berücksichtigung dessen, daß von einer Erhöhung der Spannung in der Leitung ausgegangen wurde, dem Abschalten von Zellen.

Nunmehr läuft die Vorrichtung ruhig weiter, bis die Scheibe *o* die Stellung Fig. 2 unten angenommen hat. Jetzt gerät der Kontakt *t* auf das Isolierstück *s*, welches den Ring *p* unterbricht. Dadurch wird der Weg des Magnetisierungsstromes der Spule M_2 unterbrochen. Ist inzwischen auch der Kontakt bei *c* infolge Sinkens der Spannung durch Abschalten einer Zelle aufgehoben, so wird M_2 stromlos und der Anker schnellt mit den daran hängenden Teilen in die gezeichnete Ruhelage zurück. Die Stellung der Kontakte auf der Scheibe *o* ist dann die der Figur 2 unten. Gleichzeitig unterbricht der Kontakt r_2 bei u_3 den Motorstromkreis. Unmittelbar darauf wird jedoch durch Berührung zwischen u_2 und r_2 der Anker des Motors kurzgeschlossen und dadurch gebremst. Die Einrichtung ist nun so getroffen, daß das ganze System nach dem Unterbrechen bei *l* noch so weit nachläuft, daß aus der Stellung Fig. 2 unten wieder die Stellung Fig. 2 oben wird. Damit ist ein Hub vollendet und das Spiel kann in gleicher oder in umgekehrter Richtung von neuem beginnen.

Wenn der Fall eintritt, daß während der Bewegung der Vorrichtung in dem oben bezeichneten Sinne das Kontaktvoltmeter, anstatt nur zwischen *c* zu unterbrechen, den entgegengesetzten Kontakt zwischen c_1 herstellt, so wird, sobald die Stellung Fig. 2 unten erreicht ist, die Spule M_2 durch die Unterbrechung bei *l* stromlos. Inzwischen hat aber M_1 schon Strom über c_1 erhalten, wird also sofort den Anker in entgegengesetzter Richtung anziehen, sodaß er mit den Schaltern durch die Ruhelage hindurch in der entgegengesetzten Richtung bewegt wird und somit der Zellenschalter sofort zurückläuft. Wenn der Anker so angezogen ist, erhält der Motor *HM*, wie leicht ersichtlich, umgekehrt wie vorhin Strom, also so, daß der positive Strom umgekehrt läuft. Der Knaggen t_1 drückt nämlich den Kontakt r_1 an u_1 an, während r_2 mit u_2 in Berührung bleibt.

In Fig. 3 ist das Schaltungsschema des Apparates in Verbindung mit der Anlage und dem Zellenschalter nochmals dargestellt, um die Wirkung der Endausschalter und den Anschluß der einzelnen Teile an das Netz zu zeigen. Die Endausschalter *ca*, welche vom Kontaktschlitten unterbrochen werden, sobald er ein Ende der Gleitbahn erreicht hat, liegen, wie ersichtlich, in der Verbindung zwischen den Voltmeterkontakten *c* bezüglich c_1 und den Spulen M_1 bezw. M_2, jedoch vor der Abzweigung nach den Kontakten *l* bezw. *n*. Die Endausschalter sind so angeordnet, daß die Unterbrechung an ihnen stattfindet, bevor *l* bezw. *m* auf das Isolierstück *s* der Scheibe *o* gelangen, sodaß die Abhängigkeit der Bewegung von der durch die Scheibe *o* genau dargestellten Schlittenstellung gewahrt bleibt.

Es sei noch darauf hingewiesen, daß für den Antriebsmotor ein Nebenschlußmotor zur Verwendung kommt und zwar deshalb, weil man nur einen Nebenschlußmotor nach dem Vorwärtslaufen wie auch nach dem Rückwärtslaufen mit derselben Kontaktstellung bremsen kann. Für den Serienmotor braucht man bekanntlich zwei verschiedene Bremsstellungen.

Das Kontaktvoltmeter R wird an die Netzspannung angeschlossen. Die Spulen M_1 und M_2 sind für 110 V gewickelt und werden mit Rücksicht auf die Voltmeterkontakte nicht für höhere Spannungen eingerichtet. Ist eine Netzspannung von 110 V nicht verfügbar, so wird ein entsprechender Teil der Batterie benutzt, wobei zweckmäßig die Abschaltzellen mit angeschlossen werden, damit die Spannungsänderung durch den Ladezustand der Zellen so wenig als eben möglich beeinflußt wird.

Die Feldwicklung des Motors liegt direkt am Netz.

Dadurch, daß die Unterbrechung des Stromkreises der Spulen M_1 und M_2 nicht im Kontaktvoltmeter, sondern ebenfalls an den Kohlekontakten l und m erfolgt, wird das Kontaktvoltmeter sehr geschont.

Für Fernantrieb kann der vorliegende Apparat ohne weiteres benutzt werden, wenn an Stelle des Kontaktvoltmeters zwei Druckknöpfe treten, von denen der eine den Kontakt c, der andere den Kontakt c_1 enthält. Ein kurzer Druck auf einen der Knöpfe genügt, um den Zellenschalterschlitten um einen Kontakt vor- oder rückwärts zu bewegen, sodaß nicht erforderlich ist, solange zu drücken, bis die Bewegung vollendet ist.

Tafel 67.

Der *neue automatische Zellenschalter der A. E.-G.* beruht auf demselben Prinzip wie dasjenige von Voigt & Haeffner, welches Tafel 64 beschrieben ist.

Das Relais Rl oder Kontaktvoltmeter schließt durch die anziehende oder loslassende Wirkung der Spule S den Kontakt c oder c_1, jenachdem die Spannung steigt oder fällt, und erregt hierdurch die Elektromagnete m oder m_1 welche wiederum die Knaggen h oder h_1 zum Eingriff in das die Zellenschalterspindel bewegende Zahnrad eingreifen. Die Knaggen h und h_1 sitzen nun auf einem pendelnden System, welches durch den Antriebsmotor hin und her bewegt wird. Da diese Bewegung von dem Relais unabhängig ist, muß der Zellenschalter immer genau auf eine Zelle zu stehen kommen, zumal auch die Spannungsänderung im Netz und danach bei Rl erst erfolgt, wenn der Zellenschalterkontakt eine volle Zelle weitergeschaltet ist, da sonst der Übergangswiderstand W vorliegt. $e\ a$, $e\ a_1$ sind die Endausschalter welche durch den Entladehebelschlitten den Stromzugang zu m bezw. m_1 unterbrechen. Natürlich können von einem Motor oder einer Transmission beliebig viele Zellenschalter angetrieben werden.

Tafel 68.

Figur 1. Für Last- und Personenaufzüge ist es notwendig, die *Motor-Anlaßwiderstände* selbsttätig arbeitend zu bauen, sofern nicht der Motor auf ein Vorgelege arbeitet und der Fahrstuhlantrieb mittels Fest- und Losscheibe versehen ist, sodaß dieser erst nach Inbetriebsetzung des Motors in Tätigkeit tritt. Diese Art von Aufzugsantrieb ist aber einmal infolge der vielen Getriebe unökonomisch, das andere Mal auch unpraktisch, weil der Führer zwei Steuerseile zu bedienen hat.

Demzufolge konstruierte man Selbstanlasser, welche nach Einrücken eines Hilfs-Motors resp. Lösen eines Hemmwerkes allmählich in bestimmter Zeitdauer den Anlaß-Widerstand des Motors kurz schließen. Die Anwendung dieser Anlasser, bei denen die Einschaltung mit Hilfsmotor oder Hemmwerk geschieht, ist aus oben genanntem Grunde am gebräuchlichsten. „S. & H." reguliert die Geschwindigkeit des Einschaltens durch einen Zentrifugalregulator. Bei starker Belastung wird hier jedoch der Motor zu schnell, bei geringer zu langsam einschalten.

Die Figur zeigt nun einen *Anlasser der Firma „E. A.-G. v. Schuckert & Co."*, bei welchem *das selbsttätige Ausschalten des Widerstandes unter Verwendung eines Hilfsmotors Hm* geschieht. Dieser Motor wird oben auf dem Apparat befestigt und arbeitet mit Schneckenantrieb auf eine magnetische Kupplung (s. d.), deren mit Zahnrad versehener Anker auf eine vertikal bewegliche Zahnstange wirkt, die bei 1, 2 läuft. Diese Zahnstange bewirkt die Ausschaltung der Widerstände durch Kohlenkontakte, während sie am unteren Ende in eine Exzenterführung ausläuft, welche die Nebenschlußverbindung über Bürsten und Schleifkontakte herstellt.

Legen wir jetzt die Steuerwelle, auf welcher die exzentrische Scheibe für den Exzenter der Zahnstange und ferner isoliert die Bürsten B_1 B_2 sitzen, nach rechts, so öffnen wir gleichzeitig Kohlenkontakt K_2 und schließen K_1 mit Hilfe des zweiarmigen Hebels auf mechanischem Wege; gleichzeitig wird durch ein geringes hierdurch bedingtes Heruntersinken der Zahnstange Kontakt c_1 eingeschaltet.

Hieraus ergibt sich jetzt folgender Stromlauf: Von + Pol des Netzes fließt derselbe über Sicherung S, Schalthebel H_2, Klemme Z_{1+} über Relaisspule *Rel.sp*, weiter über 1) Kontakt K_3, Funkenlöscherspule *Fsp*, Widerstand W, über Kontakt K_{12} zu Klemme A_1, durch den Anker des Motors zu A_2 und von hier über Kohlenkontakt K_1 zu Z_{2-} und weiter zum Netz; — [Hauptstromkreis]. — 2) Kontakt c_1, c_2, c_3, Schleifbürste c_4, Kontakt c_5, den Hilfsmotor *Hm* bezw. von c_2 über die parallel mit *Hm* geschaltete magnetische Kupplung *mag.Kup* nach Klemme A_2 und von hier über K_1, Z_{2-} zum —Pol des Netzes: — [Nebenschlußstrom]. — Von der +Zuleitung zweigt

ferner zwischen Z_{1+} und *Rel.sp* die Nebenschlußleitung über Schleifkontakt S_1, Bürste B_1, Schleifkontakt S_2, S_3, zu Klemme N_2 über N zu Klemme N_1, weiter über Schleifkontakte S_4, S_5, Bürste B_2 zu S_6, und von hier über K_1 zu —Pol des Netzes. Der Motor *Hm* bewirkt also ein Schließen der Kohlenkontakte $K_3 — K_{12}$ in der Weise, daß er über die magnetische Kupplung die Zahnstange nach unten gehen läßt. Sind nun die Widerstände W sämtlich kurz geschlossen, so unterbricht die an der Zahnstange sitzende erwähnte Bürste c_4 den Strom zu *Hm* und *mag.Kup*, sodaß die Bewegung der Zahnstange aufhört.

Das Ausschalten des Motors geschieht in der Weise, daß durch entgegengesetztes (links) Drehen der Steuerwelle durch das Steuerseil die Zahnstange gehoben und die Bürsten B_1 B_2 in die Mittelstellung gebracht werden; durch das Heben der Zahnstange werden die Kontakte c_1, K_1, K_{3-12} geöffnet, $c_{3,\,4,\,5}$ und K_2 geschlossen. Hierdurch wird ein Stromkreis von Klemme A_2 über K_2, K_7, K_{12}, A_1 Motoranker M hergestellt, d. h. der Anker über einen Teil von W kurz geschlossen. Der Motor arbeitet daher als Dynamo und dient demzufolge als Bremse.

Beim Umlegen der Steuerwelle nach links, d. h. in entgegengesetzter Richtung wie vorher, wiederholen sich dieselben Funktionen des Anlassers, nur mit dem Unterschiede, daß infolge der umgekehrten Stromrichtung in den Magneten N der Motor jetzt entgegengesetzte Drehrichtung haben wird. Wir sehen daher, daß beim vorstehendem Apparate alle für ein gutes Funktionieren unerläßlichen Bedingungen voll erfüllt sind.

Es sei noch bemerkt, daß die beiden Zahlen $_1$, $_2$ nebst den punktierten senkrechten Linien die Lage der Zahnstange angeben. Bei *Fl* kann noch eine Bremsspule angeschlossen werden, welche beim Einschalten des Motors die Bremse löst, beim Ausschalten losläßt.

Figur 2. Während in voriger Figur die selbsttätige Einschaltung des Motors durch einen Hilfsmotor geschieht, wird bei nachstehendem *Umkehranlaßwiderstand der A. E.-G.* die *Bewegung* der *durch* ihr Eigengewicht sinkenden Kontakte B durch *ein Hemmwerk geregelt* (bezw. neuerdings durch einen Windflügel).

Dieser Umkehranlasser hat den Zweck, bei elektrisch betriebenen Aufzügen ein sicheres und stoßfreies Anlassen der Motoren, sowie die Umkehrung der Drehrichtung derselben zu ermöglichen.

Er schaltet daher vor der Inbetriebsetzung des Motors einen Widerstand in den Ankerstromkreis ein, und denselben beim Anlassen selbsttätig, d. h. unabhängig von dem den Fahrstuhl bedienenden Wärter, aus und kehrt für das Wechseln der Drehrichtung des Motors den Strom um. In den Ruhe-

stellungen des Fahrstuhls ist für eine vollständige Unterbrechung des Anker- und des Magnetstromkreises gesorgt.

Das *Einschalten des Motors* bezw. das Ausschalten des Widerstandes erfolgt langsam, d. h. in 6--10 Sekunden und wird in der oben erwähnten Weise geregelt.

Für das Wechseln der Drehrichtung ist an dem Gehäuse ein Stromwender angebracht, welcher durch eine Steuerscheibe von der Antriebswelle aus betätigt wird und den Magnetstrom ein- bezw. umschaltet, derselbe trägt auch die Kontakte A_1 A_2 zum Ein- bezw. Ausschalten des Ankerstromes. Der Stromwender ist als Moment-Ausschalter ausgebildet, um schädliche Funkenbildungen beim Unterbrechen des Stromkreises zu verhüten. Ferner ist, um dem Extrastrom, welcher beim Ausschalten der Magnete entsteht, einen unschädlichen Verlauf zu geben, zu der Magnetwicklung des Motors eine Schutzspule *Sch.Sp.* parallel geschaltet.

Die Wirkungsweise ist folgende: Durch Drehung der Antriebswelle bezw. des Hebels H mittels des Steuerseils um 180° nach der einen oder andern Seite, je nach der gewünschten Drehrichtung, wird der Motor betätigt, d. h. es wird, nachdem am Stromwender der Nebenschluß n_1 n_2 und der Ankerstromkreis A_1 A_2 durch den Kontakthebel H eingeschaltet sind, den Schleifkontakten der Weg freigegeben, sodaß das Hemmwerk in Tätigkeit treten kann. Die Bürsten B schleifen nunmehr auf der Kontaktfläche C_1, welche aus einer Anzahl Lamellen a besteht, die mit den einzelnen Widerstands-Abteilungen leitend verbunden sind, entlang und schalten damit den Widerstand W nach und nach kurz, bis sie in der Endstellung auf einem kräftigen Kontaktstück c ruhen, an welches die Leitung zum Motor M angeschlossen ist.

Das Ausschalten des Motors geschieht, indem die Steuervorrichtung im Fahrkorbe bezw. in den einzelnen Stockwerken in der entgegengesetzten Richtung (gegen vorher) betätigt wird.

Der Stromverlauf geht aus dem Schaltungsschema zur Genüge deutlich hervor, sodaß eine Erklärung hierzu überflüssig erscheint.

Die Konstruktion des Stromwenders und Schaltwerkes zeigt die unten rechts skizzierte Figur. Die Benennungen entsprechen der der Hauptfigur, *Isol.* sind Isolierplatten.

Diese Konstruktion, Isolierung usw. läßt jedoch nur einen Gebrauch der *Anlasser* bis 250 Volt zu. *Für höhere Spannungen z. B. bis 500 Volt* verwendet die A. E.-G. folgenden Apparat.

Tafel 69.

Figur 1. Durch die Betätigung der Steuerwelle wird einmal wie vorher der Stromwender *Strw.* entsprechend der Drehrichtung eingestellt, und darauf

die mit dem Hemmwerk verbundene Zahnstange, die die Schleifbürste *Sc* trägt, gelöst, sodaß letztere allmählich nach unten sinkt und über Schleifkontakt des Nebenschlusses *Ns*, Schleifkontakt des Ankerstromes *As*, Schleifbürste *Sc* und *W* den Motor einschaltet. Die Umkehrung der Drehrichtung geschieht durch Stromrichtungsänderung im Anker. Die Funkenlöscherspule *FSp* tritt beim Ausschalten des Motors in Tätigkeit. Die Kontakte *KK* dienen zum Kurzschließen des Nebenschluß-Magnetkreises, wodurch der auftretende Extrastrom gefahrlos verlaufen kann.

Figur 2. Für *Lastenaufzüge*, welche ohne Führer fahren, müssen Vorkehrungen getroffen werden, daß der Fahrkorb in einem beliebigen Stockwerk zum Halten gebracht wird; eine derartige *Fahrstuhlanlage mit selbsttätiger Stockwerkseinstellung* zeigt uns die von der Firma *„E.-A.-G. v. Schuckert & Co.“* angewandte und ihr patentierte Schaltung und Anordnung.

Die Bezeichnungen in der Figur sind folgende: $M =$ Aufzugsmotor, mit Schenkelwicklung *N, BE* Bremse mit Elektromagnet. welche durch Feder *F* gegen eine auf der Ankerwelle von *M* sitzende Scheibe gepreßt wird, sobald *BE* stromlos ist. Der Elektromagnet von *BE* liegt im Hauptstromkreise und löst die Bremse solange, wie der Motor Strom erhält. Der Anlasser besitzt keinen Ausschaltekontakt und ist von so geringem Widerstande, daß der Motor nach Stromschluß sofort anläuft. Hierdurch wird durch Schnurantrieb von der Motorwelle die Schnecke *d* auf der Welle *c* angetrieben. Letztere ist in einem Bügel *u* gelagert. Dieser ist mit dem Anker *a* eines im Nebenschluß zum Hauptstromkreise liegenden Elektromagneten *b* starr verbunden und wird bei Stromlosigkeit gleichzeitig mit *a* durch die gezeichnete Spiralfeder hochgebogen. Die Schnecke *d* gelangt daher erst zum Eingriff in Zahnrad *f*, sobald der Motor und mit ihm Elektromagnet *b* eingeschaltet wird. Der Anlaßwiderstand wird dann allmählich kurzgeschlossen; bei Unterbrechung des Stromes jedoch läßt *b* Anker *a* los und die Feder hebt *a* und zugleich *d* hoch. Zahnrad *f* wird frei und Gewicht *G* zieht den Hebel des Anlassers wieder in Anlaufstellung.

Die Schaltung und Anordnung der übrigen Apparate ergibt die Figur. Die *Wirkungsweise des Steuerapparates* ist nun derartig, daß man zum Aufwärtsführen zunächst einen rechts an der Leitung Sa_2 liegenden Umschalter *U* (in der Zeichnung der unterste; die anderen *U* sind der Einfachheit halber ohne Verbindungsleitung gezeichnet, liegen jedoch in der Schaltung alle parallel zueinander) nach oben eingeschaltet. Hierdurch wird ein Stromkreis von + Netz über *BE*, Kontaktbahn Cb_1 im Fahrschacht, Schleifbürsten B_1, B_2, B_3, Kontaktbahn Cb_3, Elektromagnet Em_1, Umschalter *U*, Elektromagnet *b* zum —Pol geschlossen, wodurch einmal Bremse *BE* gelöst, Schnecke *d* zum Eingriff in *f* und der zweipolige Umschalter *EU* auf die rechten Kontakte

geschaltet wird. Der Nebenschluß N ist über Schiene T ebenfalls erregt. Durch EU wird jetzt der Anker M eingeschaltet und setzt sich in Bewegung gleichzeitig indirekt über c, d, f bei s Widerstand ausschaltend. Soll nun der Fahrstuhl bis z. B. dem dritten Stockwerk fahren, so legt man den Hebelschalter h links unten in die punktierte Stellung 3: von dieser geht eine Leitung zum dritten Stock und endigt im Kontakt C_3; (entsprechend sind auch die übrigen Hebelschalter h, die gemeinsam an Leitung Sa liegen, mit Kontakten C_2 usw. verbindbar). Gelangt jetzt der Fahrkorb in das dritte Stockwerk, so berührt eine Schleiffeder Kontakt C_3 und schließt einen Stromkreis über Elektromagnet e, der einen Anker anzieht und damit B_2 und B_3 von Cb_2 und Cb_3 abhebt. Die Folge davon ist, daß der Nebenstrom über Em_1 und b unterbrochen wird und durch Feder- bezw. Gewichtswirkung Hebelumschalter UM aus- und Anlaßwiderstand bei s ausgeschaltet werden. Zur selben Zeit tritt auch die Bremse in Wirkung.

Beim Abwärtsfahren gestaltet sich die Wirkungsweise in der umgekehrten Weise, nachdem der in der Etage des stehenden Fahrkorbes befindliche Umschalter U auf den unteren Kontakt und h auf den Kontakt des zu befahrenden Stockwerks eingestellt wurde. Hierbei tritt jedoch für die Schließung des Nebenstromkreises Kontaktbahn Cb_3 anstatt Cb_2 in Funktion. Cb_2 dient daher zum Hinauf-, Cb_3 zum Hinabfahren. Um ferner zu verhindern, daß der Fahrkorb über die Endpunkte oben und unten hinausfährt, ist Cb_2 oben, Cb_3 unten etwas kürzer gehalten, um auf alle Fälle eine Stromunterbrechung herbeizuführen.

Tafel 70.

Die A. E.-G. verwendet für die *Stockwerks-Einstellung elektrisch betriebener Aufzüge* eine Einrichtung, deren Schaltung und Anordnung folgende sind. Der Hebel H, welcher durch das Steuerseil eingestellt wird, bewegt sich auf drei Kontaktschienenpaaren C, C_1 und K, einer Scheibe, die gleichfalls um die Achse M des Hebels H drehbar, ihrerseits durch die Trommelwelle Tr der Winde betätigt wird (D. R.-P.).

Soll nun z. B. der Fahrstuhl aus dem zweiten Stock nach dem vierten gebracht werden, so wird mittels des Steuerseiles, das entsprechende Markierung besitzt, der Hebel H in Stellung 4 (s. Figur) gedreht. Hiermit wird durch die Schienen K und C der Strom zunächst in die Magnetwicklungen N des Nebenschlußmotors M, welcer den Fahrstuhl betreibt, geschickt, und zwar in solchem Sinne, daß der Motor auf die für Heben bestimmte Drehrichtung eingestellt ist.

Gleich darauf wird dann durch die gegen C etwas zurückstehende Schiene C_1 auch der kleine Hilfsmotor HM, sowie die magnetische Kuppelung *mag. K.* eingeschaltet, sodaß jetzt die Zahnstange Za am Anlaßwiderstand W mit

ihren Kontaktbürsten mittels Schnecken- und Zahnantriebes *Sch* und *r* gehoben wird. Sobald die Bürsten der Stange *Za* die Kontakte *S* des Anlaßwiderstandes eingeschaltet haben, tritt der Motor *M* in Tätigkeit und bewegt den Fahrstuhl.

Ist die Stange *Za* in ihrer obersten Stelle angekommen, so wird der Motor *HM* mit Hilfe zweier an dieser Stange befindlichen Stifte, welche den Ausschalter *A* betätigen, ausgeschaltet und zum Stillstande gebracht. Die magnetische Kupplung bleibt jedoch noch eingeschaltet und hält die Stange *Za* fest; der Hauptmotor bleibt demnach noch im Betriebe, sodaß der Fahrkorb weiterfährt.

Von der Trommelwelle *Tr*, mittels eines Zahnradsegmentes angetrieben, werden jetzt die Kontaktschienen *C*, C_1 und *K* solange hinter Hebel *H* her bewegt, bis der Zwischenraum *Zw* der beiden Schienen *C* sich unter dem Hebel befindet. Hierdurch wird die magnetische Kupplung ausgeschaltet und läßt *Za* fallen, sodaß der Hauptmotor *M* ausgeschaltet wird. Beim Herabfallen von *Za* wird durch die Anschlagstifte der Schalter *A* wieder geschlossen.

Da Hebel *H* ferner beim Ausschalten zwischen die Schienen *S* gelangt ist, wird hierdurch auch der Nebenschluß *D* des Motors *M* ausgeschaltet, und zwar geschieht dieses infolge der versetzten Anordnung der Schienen erst dann, nachdem der Anker fast stromlos geworden ist. Die parallel zum Nebenschluß liegende Schutzspule *Schsp* verhindert die Funkenbildung beim Ausschalten.

Soll der Fahrstuhl jetzt z. B. vom vierten Stock zum Parterre fahren, so ist *H* nur durch das Steuerseil auf *Pt* zu stellen. Hierdurch ändert sich die Stromrichtung im Nebenschluß und damit die Drehrichtung des Motors *M*; die übrige Wirkungsweise bleibt genau dieselbe wie vorher. Der Anschluß geschieht wie gewöhnlich über Sicherung *S* und zweipoligen Hebelausschalter. *Br* ist eine Sicherheitsbremse nach der schon öfter beschriebenen Art. Damit der Fahrstuhl nicht bei offenen Türen in Betrieb gesetzt werden kann, ist die Zuleitung zu dem kleinen Motor *HM* und der Kupplung an den Türen vorbeigeführt und an jeder mit einem Schalter *D* versehen, dessen beide Federn sich an der Wand befinden, während das dazugehörige Kontaktstück an der Tür angebracht ist. Es kann daher der Motor nur in Betrieb gehen, wenn alle Türen geschlossen sind.

Tafel 71.

In Tafel 71 und 72 sollen einige *amerikanische Fahrstuhlsteuerungen* besprochen werden*).

---

*) S. a. ETZ. 03. Seite 61 ff.

Figur 1 zeigt eine *mechanische Steuerung,* bei welcher ein Hebel vom Fahrstuhlführer bedient wird. Dieser Hebel bewirkt durch ein Seil das Ein- und Ausschalten eines Umschalters und ein im Ankerkreis des Motors liegender Widerstand wird gleichzeitig stufenweise automatisch kurzgeschlossen.

In Fig. 1 stellt A den Hauptausschalter dar, welcher mit der Umschaltetrommel mechanisch betätigt wird. Von derselben Trommel wird auch die nicht mitgezeichnete Bremse mechanisch bedient. Ist A geschlossen, so wird der Anker des Motors M mit dem Solenoid S, dem Widerstand W und dem Hauptstromfeld H hintereinander geschaltet. Das Nebenschlußfeld N ist direkt an das Netz angeschlossen. In der Stromunterbrechungsstelle der Umschaltetrommel FUT, wie in der Figur, wird der Eisenkern des Solenoids S von der Steuerwelle festgehalten, beim Einschalten jedoch freigegeben und sinkt infolge der Schwere hinab, gleichzeitig den Widerstand W allmählich ausschaltend, wobei das Solenoid die Bewegung des Kernes verlangsamt. Beim Ausschalten des Motors wird der Kern dann mechanisch in die Anfangsstellung zurück gebracht.

Figur 2. Entgegen einer einfachen mechanischen Steuerung gibt diese Figur eine *einfache elektrische Steuerung* wieder, bei welcher der Hauptschalter elektromagnetisch eingeschaltet wird.

Hier sind zwei elektromagnetisch auslösbare Hauptschalter vorhanden, welche für je eine Fahrtrichtung bestimmt sind. Der Schalter *1, 2* wird durch den Elektromagneten Em_1, *3, 4* durch Em_2 ausgelöst; in der Skizze ist die Ruhelage der Schalter angedeutet. Die Elektromagnetwicklungen werden vom Fahrstuhl aus durch den dafür bestimmten Schalter eingeschaltet. Die Funktionen der Schalter Em_1 und Em_2 bestehen darin, den Anker A in Serie mit einem abgestuften Widerstand W_1, W_2 und das Nebenschlußfeld N direkt an das Netz anzuschließen. Gleichzeitig werden die in Serie geschalteten Wicklungen des Bremslüftungsmagneten *Blm* und des Solenoids S an das Netz angeschlossen. Das Solenoid S zieht dann seinen Kern an, schaltet den Widerstand $W_{1,2}$ aus und, in seiner höchsten Lage angekommen, noch einen Widerstand W_3 über c in den Kreis der Erregerwicklung N ein, wobei der Motor seine höchste Tourenzahl erreicht. Beim Ausschalten wird der Anker über den Widerstand W_4 kurz geschlossen und dadurch die Wirkung der mechanischen Bremse unterstützt. Die Brücke bei G ist vorgesehen, damit die Einschaltung des Motors nur dann erfolgen kann, wenn der Schleifkontakt sich in seiner untersten Stellung befindet, d. h. wenn der gesamte Widerstand in den Ankerstromkreis eingeschaltet ist; besteht nämlich bei G eine Unterbrechung, so ist der Stromkreis der Elektromagneten Em_1 und Em_2 offen und die Schalter *1, 2, 3, 4* können nicht in Funktion treten.

Figur 3. Eine von Figur 1 abweichende *mechanische Steuerung* von elektrisch betriebenen Aufzügen ist derart getroffen, daß Schalter $H H_1$ Haupt- und Umschalter gleichzeitig sind. Die Bremsklötze werden von *Bm* gelüftet und der Anlaßwiderstand *W* durch ein Solenoid *S* ausgeschaltet, das im Nebenschluß zum Anker liegt.

Wird der Stromkreis bei *H* oder H_1 geschlossen, so beginnt der Anker zu rotieren und die an seinen Klemmen steigende elektromotorische Kraft veranlaßt das Solenoid *s'* den Widerstand *W* allmählich einzuschalten und zwar proportional der Steigerung der Geschwindigkeit der Umdrehungszahl des Ankers.

Figur 4. Ein zweites System der elektrischen Steuerung gibt Fig. 4 wieder; hier ist nur ein Umschalter *U* vorhanden, welcher durch die Elektromagnete Em_1 und Em_2 in die eine oder andere Lage gebracht wird, sodaß die vier mit einem punktierten Rechteck umgebenen Kontakte mit den entsprechenden darüber bezw. darunter liegenden Kontakten in Verbindung gebracht werden. Hierdurch würden der Motor *A* in Serie mit der Hauptstromwicklung *F* und dem Widerstand zwischen 1' und 3', ebenso wie die dauernd parallel geschaltete Nebenschlußwicklung und die Wicklung des Bremselektromagneten *Blm* an das Netz angeschlossen. Die Spulen 1, 2, 3, 4, welche unter sich in Serie parallel zum Anker geschaltet sind, erhalten, wenn der Anker an Geschwindigkeit zunimmt, genügend Strom, um die Schalter 1', 2', 3', 4' der Reihe nach einzuschalten. Durch die Schalter 1', 2', 3' wird der Widerstand *R* allmählich ausgeschaltet und durch 4' die Hauptstromwicklung ganz kurz geschlossen, sodaß der Motor als reiner Nebenschlußmotor mit erhöhter Tourenzahl weiterläuft. Es muß jedoch aufgepaßt werden, daß der Führer den Fahrstuhlschalter nicht zu schnell aus der einen in die andere Stellung bringt, sodaß die Schalter 1', 2', 3', 4' noch Zeit haben, ihre Funktionen auszuführen und den Widerstand *R* wieder in den Ankerstromkreis einzuschalten.

Tafel 72.

Das Tafel 71 Figur 4 beschriebene System kann noch weiter ausgebildet werden, sodaß ein besonderer Hauptausschalter und ein Umschalter für die Auf- bezw. Abwärtsbewegung vorgesehen ist. Die Elektromagnete S_2, $_3$ dienen zur Ausschaltung des Anlaßwiderstandes *AW*, S_4 und $_5$ zum Kurzschließen des Hauptstromfeldes zwischen 9—12 C. Sie sind wie im vorigen Fall parallel zum Anker angeschlossen. Die maximale Geschwindigkeit wird durch den Elektromagneten S_1 eingestellt, welcher, direkt vom Steuerschalter aus mit Strom versehen, ein Extra-Nebenschlußfeld ausschaltet.

Tafel 73.

Figur 1. Eine weitere Vervollkommnung der Aufzugsantriebe bildet die *Knopfsteuerung für elektrisch betriebene Aufzüge,* von denen wir zunächst diejenige der Berlin-Anhaltischen Maschinenbau-A.-G. besprechen wollen.

Innerhalb der Fahrzelle oder außerhalb des Fahrschachtes sind getrennt voneinander für den Auf- und Niedergang der Fahrzelle zwei Gruppen von *Doppelstromschluß-Druckknöpfen* A_1, $_2$, usw. angebracht. Diese dienen einerseits dazu, einen Hilfsmotor *HM* anzulassen, der in bekannter Weise durch Schneckenradübersetzung *Sch* den Hauptmotor einschaltet, anderseits zur Erregung eines Elektromagneten *EM*, welcher bei Stromschluß den Schneckenradantrieb des Anlaßwiderstandes *AW* in Eingriff bringt, bei Stromunterbrechung aber wieder unterbricht. Im letzteren Falle geht der Anlaßwiderstand durch Gewichts- oder Federzug wieder in die Ruhelage zurück.

Vor den Druckknöpfen *d* ist an der Außenseite der Fahrzelle ein Schieber *s* angeordnet, welcher in den einzelnen Stockwerken durch entsprechend eingestellte Kurven *g* so verschoben wird, daß er den für ein bestimmtes Stockwerk eingestellten Druckknopf zurückschiebt und dadurch die Stromunterbrechung und den Stillstand des Aufzuges in dem betreffenden Stockwerk veranlaßt.

Die Ausrückung des Hilfsmotors kann auch vermittels bekannter im Fahrschacht angebrachter Stromschlußschienen erfolgen.

Figur 2. In einfacher und sicher arbeitender Weise ist der *durch die Steuerwelle* in schon mehrfach erwähnter Art mechanisch *auslösbare automatische Anlasser* der Firma „Helios“ ausgeführt.

Derselbe weist im Vergleiche mit den sonst gebräuchlichen älteren Konstruktionen wesentlicher Vorzüge auf. Seine beiden Hauptteile, der Anlasser und der Umschalter, stehen durch eine in der unteren Hälfte als Kurbelschleife ausgebildete Führungsstange miteinander in mechanischen Zusammenhang.

Der Antrieb der im unteren Teile des Apparates gelagerten Steuerwelle des Umschalters erfolgt, wie gewöhnlich, mittels eines auf der Welle befestigten Kettenrades, welches von der Mittel- oder Nullstellung aus nach jeder Seite um ca. 135° gedreht werden kann. Besonders beachtenswert ist hier der Mechanismus des Umschalters, dessen Wirkungsweise aus folgendem hervorgeht.

Bei Gleichstrommotoren mit Umkehranlaßvorrichtung, insbesondere bei solchen, welche zum Antrieb von Aufzügen verwendet werden, ist es erwünscht, in der Nullstellung des Umsteuerhebels den Motor dadurch zu bremsen, daß man ihn als Dynamo geschaltet auf einen Widerstand arbeiten läßt. Für

Nebenschlußmotoren, bei welchen die Anderung der Drehrichtung durch Vertauschen der Nebenschlußdrähte erfolgt und der Umsteuerapparat aus der Kombination eines Umsteuerhebels für den Nebenschluß und eines gewöhnlichen Anlassers für den Hauptstrom besteht, kann nun dieser Übergang zur Bremsschaltung in der Nullstellung des Hauptsteuerhebels mit besonderem Vorteil dadurch bewirkt werden, daß der Umschalter des Nebenschlusses als Schleppumschalter ausgebildet wird.

Bei dem jetzt allgemein üblichen Schaltungsschema (s. Figur) wird gewöhnlich nach dem Abschalten des Hauptstromes mittels des Schalthebels *H* noch durch den Anlaßwiderstand *W*, den Anker *M* und den Nebenschluß *N* ein geschlossener Stromkreis gebildet.

Durch das sogenannte Nachlaufen des Motorankers bleibt die Erregung des Motors auch nach dem Abschalten noch bestehen, indem zunächst der nachlaufende Motor als Dynamo nur auf den Nebenschluß arbeitet und dadurch die Erregung des Magnetfeldes aufrecht erhält. Man kann außerdem noch den Anker auf einen anderen Widerstand schließen und dadurch eine energischere Bremswirkung hervorbringen, indem dann der nachlaufende Anker als Dynamo auf diesen Bremswiderstand arbeitet.

Diese übliche Schaltungsweise wird jedoch bei dem gewöhnlichen Umkehranlasser dadurch gestört, daß man genötigt ist, um den Übergang zur Umsteuerung zu ermöglichen, die Verbindungen aufzuheben, sodaß die Nebenschlußerregung unterbrochen wird. Dies geschieht, wenn der Umschalthebel für den Nebenschluß gleichzeitig mit dem Hebel des Anlaßwiderstandes in die Nullstellung zurückkehrt.

An der Ausführung von „Helios“ ist der Umschalter jedoch für den Nebenschluß als Schleppumschalter ausgebildet und zwar in der Weise, daß, wenn die Steuerkurbel schon in die Nullstellung zurückgekehrt ist, der Umschalthebel noch die Verbindung des Nebenschlusses, welche der jeweiligen Drehrichtung des Motors entspricht, aufrecht erhält. Dadurch wird es ermöglicht, den Motor in der Nullstellung auf einen Bremswiderstand zu schließen, während die Erregung durch den gleichzeitig noch angeschlossenen Nebenschluß in der richtigen Weise bestehen bleibt.

Der Umschalthebel ist zu diesem Zweck lose drehbar auf der Steuerwelle aufgesetzt und an seinem Ende zu einer kreisbogenförmigen Kurbelschleife erweitert. Innerhalb des Schleifenbogens kann sich der Kurbelzapfen der Antriebswelle um eine gewisse Strecke nach rechts oder links bewegen, ohne den Umschalthebel mitzunehmen; folglich bleibt dieser dann stets um den Spielraum der Schleife zurück, auch beim Übergang der Kurbel durch ihre Nullstellung. Da in diesem Falle die Nebenschlußerregung noch aufrecht erhalten bleibt, kommt eine kräftige Bremsung des Motorankers zustande, sodaß das Umschalten stets bei stillstehendem Motor vor sich gehen kann.

Tafel 74.

Figur 1 skizziert das Schema der von der „E.-A.-G. von *Lahmeyer & Co.* Frankfurt“ angewandten *Druckknopfsteuerung für Personenaufzüge*.

Das Schema zeigt die Steuerung für 3 Haltestellen und enthält nur die nötigsten Leitungen um die Klarheit nicht zu beeinträchtigen.

Der Strom teilt sich über magnetischem Umschalter MU in zwei Teile. MU dient zum Umschalten des Motors. Hinter den in Serie geschalteten Stockwerksumschaltern A_{1-3} vereinigen sich die Stromkreise wieder. Vom Drehpunkt von A_1—A_3 zweigt je eine Magnetwicklung E_1—E_3 eines Kurzschließers c_1—c_3 ab, sowie die Druckknöpfe D_1—D_3. Die — Rückleitung ist gemeinsam. Zwischen E_1—E_3 und D_1—D_3 ist je eine Leitung abgezweigt, die im Aufzugsschacht als Schleifkontakt CS dient, und an die im Fahrkorb die Druckknöpfe D angeschlossen sind; die + Leitung ist auch als Schiene im Schacht ausgebildet. Der Fahrkorb schaltet dann durch einen Ansatz den jeweiligen Stockwerksausschalter aus, wodurch die unmittelbare Verbindung mit dem Umschalter MU unterbrochen wird, jedoch zum weiteren Einschalten zwei Wege offen stehen, nämlich MU über A_3 oder A_1 in der zweiten Wicklung, sodaß der Motor den Fahrkorb nach oben oder unten fahren kann, je nachdem D_1 oder D_3 geschlossen wird. Die Druckknöpfe D_1—D_3 bezw. auch D im Korb haben nun die Kurzschließer E_1—E_3 mit c_1—c_3, welche nach einmaligem Herunterdrücken von z. B. D_1 diesen über c_1 — c_3 solange kurzgeschlossen, bis der Fahrkorb A_1 ausschaltet. Der Korb fährt daher bis zum geschlossenen Schalter z. B. c_1 und wird seine Fahrt durch die stromlosen Schalter A_2 . . ., die dazwischenliegen, nicht unterbrochen, sondern erst beim nächsten stromführenden, hier A_1.

Figur 2 gibt den *zugehörigen Anlasser* für Fig. 1 wieder. Das Prinzip ist dasselbe wie in Taf. 71, Fig. 4 und Taf. 72 beschrieben.

Tafel 75.

Die neue *Druckknopfsteuerung von der E.-A.-G. vorm. Schuckert & Co.* zeigt die Schaltung*).

In der in der Figur dargestellten Steuerung sind 4 Haltestellen angenommen und sind infolge dessen 4 Steuerapparate erforderlich. Dieselben sind mit einem gabelförmigen Hebel versehen, der in die Fahrbahn der Fahrzelle hineinreicht und von dieser mittels einer vorstehenden Rolle A mitgenommen wird.

Der selbsttätige Umschalter U, welcher durch den jeweils eingeschalteten Steuerapparat zunächst betätigt wird, besteht aus einem System zweiarmiger

Vgl. E.T.A. No. 29, 30, 03.

Kontakthebel, welche je nach Erregung des Elektromagneten E_1 oder E_2 nach rechts oder links umgelegt werden. Die Wickelung der beiden Magnete steht mit den Kontakten der Steuerapparate in der Weise in Verbindung, daß alle Apparate, solange sie sich über der Fahrzelle befinden, mit E_2, und solange sie sich unterhalb derselben befinden, mit E_1 verbunden sind.

Von den vier Kontaktknöpfen der Druckknöpfe im Fahrkorb ist je einer für jedes Stockwerk, der sowohl für Auf- als auch für Abwärtsfahr benutzt wird, bestimmt, während mit einem Halteknopf der Fahrstuhl in jedem Moment zum Stillstand gebracht werden kann. Die zusammengehörigen Kontaktknöpfe stehen mit je einem Relais (Stockwerkrelais) in Verbindung, welches durch den mittels des zugehörigen Kontaktknopfes gegebenen Strom erregt wird und sodann das gegebene Signal durch einen Hilfsstromkreis festhält und über die im Fahrschacht angebrachten Sockwerkschalter S an den selbsttätigen Umkehranlasser wiedergibt. Die Stockwerkschalter sind einfache Umschalter, deren Verstellung von der Kabine aus erfolgt und welche mit Hilfe der genannten, an dem Anlasser U montierten Relais die Druckknöpfe so mit dem, den Umkehranlasser betätigenden Elektromagnetsystem verbinden, daß der Fahrstuhl selbsttätig eine dem gedrückten Kontaktknopfe augenblicklich entsprechende Fahrrichtung einschlagen muß. Ist der Fahrstuhl in der gewünschten Etage angelangt, so bringt der Anschlag A den betreffenden Stockwerkschalter S in die Mittelstellung, wodurch der Stromkreis des Eelektromagnetsystems unterbrochen und durch Federkraft die der Ruhelage entsprechende Schaltung hergestellt wird, infolgedessen gleichzeitig auch die Stockwerkrelais und der das Bremsgewicht lüftende Bremsmagnet stromlos werden.

Sobald der Fahrstuhl in Bewegung getreten ist, kann diese nicht mehr durch das Drücken eines weiteren Knopfes gestört werden, da der Umkehranlasser sofort die Zuleitungen zu den Druckknöpfen abschaltet. Dadurch, daß die Zuleitung des Elektromagnetsystems außer über den an der Kabine angebrachten Haltekontakt auch über die an jeder Tür angebrachten Türkontakte T_0—T_3 führt, kann der Aufzug, so lange eine Tür offen steht, nicht in Bewegung gesetzt werden.

Der selbsttätige Umschalter U hat viererlei Funktionen zu erfüllen:

1. Bestimmt er die Stromrichtung im Anker des Motors M; 2. schließt er den Stromkreis des Hilfsmotors H und der magnetischen Kupplung K des selbsttätigen Anlassers A; 3. schaltet er den Bremsmagneten Blm ein; 4. unterbricht er die Stromzuleitung zu den an den Schachtzugängen angebrachten Druckknöpfen, indem er gleichzeitig für diese Leitung eine direkt zu den Steuerapparaten führende Hilfsleitung einschaltet.

Der selbsttätige Anlaßwiderstand A besteht aus einer Reihe mit dem Widerstand W verbundener Kohlekontakte, welche durch Hochschieben einer mit Nocken versehenen Stange J nach und nach kurzgeschlossen werden.

Das Hochschieben der Stange geschieht durch den Hilfsmotor H, welcher mittels Schneckenübertragung und Zwischenschaltung einer magnetischen Kupplung K auf die am oberen Teil gezahnte Stange J so lange arbeitet, bis der Kurzschlußkontakt geschlossen ist. Hierbei unterbricht sich der Stromkreis des Hilfsmotors H bei d, während die magnetische Kupplung K über c noch Strom behält, bis der Umschalter U bei Ankunft des Fahrstuhles in dem eingestellten Stockwerk in die Ausschaltlage zurückschnellt, die Stange J durch Loslassen der magnetisehen Kupplung frei wird, durch ihr Eigengewicht nach unten fällt und den Anlaßwiderstand dadurch wieder unterbricht.

Befindet sich die Fahrzelle nun beispielsweise, wie in der Figur dargestellt, im Stockwerk I und soll von einer im zweiten Stockwerk befindlichen Person dorthin geholt werden, so drückt man den am Schachtzugang des Stockwerks II angebrachten Druckknopf D_2, wodurch ein Stromschluß über den selbsttätigen Umschalters U, Druckknopf D_2, die Magnetspule m_2 des Steuerapparates im Stockwerk II nach dem Anlasser, über Kontakt C_2 nach C_1 und Klemme e, von hier nach dem Umschalter U und die Türkontakte T_0—T_3, das Klemmbrett im Fahrkorb, durch das bewegliche Kabel F nach Klemme 16 des Klemmbretts K_1, an der Fahrzelle z über den Ausschalter a, in derselben nach dem Klemmbrett zurück, durch das Kabel F nach der —Leitung. Der Magnet m_2 zieht jetzt seinen Anker an und verbindet die Kontakte. Hierdurch erhält man zunächst einen Stromzweig nach Druckknopf D_2, Magnet m_2 und Kontakt c, nach den Kontakten S_2 des Steuerapparates über die Spule E_2 nach Leitung 8 und nun gemeinsam mit dem vorigen Stromzweig nach —Leitung. Der Magnet E_2 verbindet infolgedessen die Kontakte rechts vom U. Hierdurch wird zunächst nach Magnet m_2 ein Stromweg geschaffen und der Stromweg über Druckknopf D_2 nach m_2 durch den Kontakt unterhalb U geöffnet, wodurch gleichzeitig die Zuleitung zu sämtlichen an den Schachtzugängen angebrachten Druckknöpfen unterbrochen ist, sodaß jetzt durch das Drücken eines zweiten dieser Knöpfe eine Störung nicht mehr herbeigeführt werden kann.

Gleichzeitig wird durch diese neue Stromzuführung natürlich die Erregung des Magneten E_2 aufrecht erhalten und der Hilfsmotor H, sowie die magnetische Kupplung K des Anlassers A erhalten Strom. Endlich wird der Bremsmagnet Blm erregt. Der Hilfsmotor H hebt nun die Stange J, und die Kohlekontakte 1—10 werden allmählich kurz geschlossen. Nach Schließen des ersten Kontaktes 1 erhalten Anker und Magnet des Motors M gleichzeitig Strom.

Der Motor M ist jetzt in vollen Gang gekommen und die Fahrzelle z erreicht allmählich das eingestellte Stockwerk II. Die Rolle A an der Fahrzelle faßt infolgedessen den Gabelhebel S_2, nimmt ihn mit nach oben, und

dieser öffnet dadurch den Stromkreis des Magneten E_2, und sämtliche magnetische Apparate und selbsttätige Anlasser fallen in die Ausschaltestellung zurück, worauf der Bremsmagnet B einfällt.

Wenn der Fahrstuhl von der Fahrzelle aus in Bewegung gesetzt werden soll, so wird einer der innerhalb angebrachten Knöpfe D_0—D_3 gedrückt, die den in den Stockwerken angebrachten Druckknöpfen (z. B. D_0, D_2) entsprechen. Die leitende Verbindung mit dem feststehenden Apparat erfolgt dann durch das biegsame Kabel F; der Schaltvorgang ist sonst der gleiche, wie oben beschrieben.

Tafel 76.

Figur 1. Außer Personen- und Lastenaufzügen findet die vorige *Druckknopfsteuerung* noch Anwendung bei kleineren Materialien- und *Speiseaufzügen,* wovon Fig. 1 ein Schaltungsschema darstellt.

Eine solche Anlage besteht im wesentlichen aus dem Aufzugsmotor M und dem selbttätigen Umschalter U. Die Haltestellen sind ebenfalls mit Druckknöpfen D, D_1 für Auf- bezügl. Abwärtsfahrt versehen. Im Inneren des Fahrschachtss sind in jedem Stockwerke Endausschalter A_0 bezw. A_1 eingebaut, welche von der Kabine selbst vermittels Anschläge ein- bezw. ausgeschaltet werden. Diese Endausschalter stehen mit ihren entsprechenden Druckknöpfen, sowie mit den Spulen E_1, E_2 des selbsttätigen Umschalters U in Verbindung. Da die Leitung der Druckknöpfe über die an jeder Tür angebrachten Türkontakte $T_{0,1}$ führt, kann der Aufzug nur bei geschlossenen Türen in Bewegung gesetzt werden, ebenso würde derselbe sofort anhalten, wenn während der Fahrt eine Tür geöffnet werden sollte. Das Bremsen geschieht durch eine magnetische Bremse *Blm.*

Soll beispielsweise die Fahrbühne vom oberen Stockwerk nach der unteren Etage gefahren werden, so drückt man den Knopf D_0 nieder, wodurch Magnet E_1 des Umschalters U Strom erhält, und zwar vom + Pol über Kontakt und Leitung f nach dem niedergedrückten Knopf, über Kontakt und Leitung b_0 durch Endausschalter A_0, Kontakt m durch den Elektromagnet E_1, Bremsmagnet *Blm,* T_0, T_1, Nebenschluß N durch den Anker, Notausschalter *NA* zum — Pol. Das andere ergibt sich aus Tafel 75.

Figur 2 ist eine von der „E.-A.-G. v. Schuckert & Co." gebaute *Vorrichtung zur selbsttätigen Geschwindigkeitsregelung schnellfahrender elektrischer Aufzüge.*

Um den Widerstand *AW* vor den Anker M des Aufzugsmotors zu schalten wird statt eines Hilfsmotors, wie üblich, hier ein Relais *Rl* angeordnet, welches ein von einem stets in gleicher Richtung laufenden Hilfsmotor *HM* angetriebenes Wendegetriebe W mit Hilfe der Elektromagnete M_1 und M_2 umsteuert.

Tafel 77.

Figur 1. Zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit *bei hydraulischen Aufzügen* und Preßwasserpumpen im allgemeinen wird sehr häufig *elektrischer Betrieb* eingerichtet, zumal die Bedienung eine einfachere wird und der Antrieb unbeschädigt der Betriebssicherheit automatisch gemacht werden kann, sodaß der Motor sich nach Bedarf ein- und ausschaltet. Eine derartige Anordnung der Firma „Siemens & Halske“ zeigt unsere Figur, und zwar wird *die selbsttätige Ein- und Ausschaltung des Motors* durch einen Schwimmer bewirkt. Das Gewicht des Schwimmers veranlaßt daß Heben und Senken einer durch das Gewicht *G* ausbalanzierten Kontaktstange, die durch zwei Anschlagstifte den Momentausschalter *Ma* aus- und einschalten kann; hierdurch wird der Stromkreis z. B. in der Stellung wie Figur über den automatischen Zentrifugalregulator-Anlasser *AW* und Motor *M* geschlossen und die Pumpe kommt in Betrieb; ist der höchste Wasserstand erreicht, so schaltet der untere Anschlagstift die Stange *Ma* wieder aus. Das Weitere ergibt sich aus der Zeichnung von selbst.

Figur 2. Den *elektrischen automatisch arbeitenden Antrieb von Pumpen* hat die Firma „E. A.-G. v. Schuckert & Co.“ im Berliner Reichstagsgebäude folgendermaßen eingerichtet. Der Wasserbehälter betätigt je nach seiner Füllung bezw. seinem Gewicht im hohen oder niedrigen Stand ein endloses über Rollen mit Spanngewicht *Sp* gespanntes Drahtseil mit zwei Anschlagklötzen und schaltet so über Hebel *h* mit Hilfe von Gewicht *G* Kontakt *C* ein. Hiermit wird der Nebenschluß *N* des Motors *M* erregt, der Hauptstrom über Anlasser *W* geschlossen und der zum Hauptstrom parallel liegende Nebenschluß-Stromkreis über Elektromagnet *E* eingeschaltet. Setzt sich der Motor jetzt in Bewegung, so schaltet die über die Schnurscheiben *n n* vom Motor angetriebene Schnecke *s*, welche infolge der Wirkung von *E* gegen das Zahnrad *Z* gedrückt wird, den Widerstand *W* allmählich aus (vgl. Tafel 69, Figur 2).

Ist der Behälter dagegen gefüllt, wie Figur zeigt, wird durch das Seil Kontakt *C* ausgeschaltet, *E* läßt den Anker los und Schnecke *s* wird durch Federkraft gehoben, wodurch der Hebel des Anlassers und *Z* frei wird und durch Gewicht *G* beeinflußt in die Anlaufstellung zurückgeht. Der Motor ist also wieder zu neuer Einschaltung bereit. Auf der rechten Hälfte der Figur steht Pumpe *P* mit Saugrohr *SR*, Druckrohr *DR* zum Aufzug.

Tafel 78.

Figur 1. Das *Schaltungsschema der automatischen Anlaßvorrichtung zur Regelung des Druckes bei hydraulischen Anlagen oder zum automatischen Pumpen-*

betrieb nach Ausführungen der „A. E. G." wird unter Verwendung eines automatischen Anlasserwiderstandes W mit Hilfsmotor und Relais R nebst Manometer Ma (bei hydraulischen Anlagen) bezw. mit Schwimmerkontakt (Figur 1a bei Pumpenbetrieb) eingerichtet.

Betrachten wir zunächst die Anordnung für hydraulischen Betrieb. Die Bezeichnungen bedeuten: Ma = Kontaktmanometer, R = ein Relais mit dem Hebelarm Ha und je zwei auf zwei Elektromagneten sitzenden Spulen, W den Widerstand zu Motor M.

Das Zusammenwirken der Apparate ist nun folgendes: Das Kontaktmanometer Ma, welches z. B. einen Druck von ca. 9—11 Atm. halten soll, ist bei 8—9 und 12 mit Kontakten versehen; nehmen wir jetzt an, der Druck sei gefallen, so wird über + Netz, + Ma, Kontakte des Manometers C_6, C_4, linke untere Spule von R, Hebel HA, Hilfsmotor zum — Pol ein Strom geschlossen, wodurch der (links gezeichnete) Hilfsmotor (mit parallel angeordneter Glühlampe nebst Glocke als optische und akustische selbsttätige Melder) von + Netz über Momentausschalter des Anlassers, Klemme „2", C_1, Relaisspule, Hebel Ha in Betrieb kommt. Von dem Hilfsmotor wird die Schnecke S angetrieben, die das Zahnrad Z dreht, welches mit Hebel H die Traverse T hochhebt und so den Widerstand W des Anlassers für Motor M über Kontakte C mit Bürste B kurzschließt und den Motor M einschaltet; a ist = ausgeschaltet, e = eingeschaltet. Weil der Strom des Hilfsmotors gleichzeitig über die obere linke Relaisspule geht, läuft dieser solange, bis der eine am Zahnrad Z befestigte Stift den linken Momentausschalter, der zwischen 1 und 2 liegt, ausgeschaltet hat; gleichzeitig schaltet aber der zweite Stift den Schalter zwischen 1 und 3 ein. Der Hebel H wird dann senkrecht stehen und Bürste B auf e. Jetzt bleibt der Hilfsmotor stehen und Relais R befindet sich im Gleichgewicht, während der Pumpenmotor weiter arbeitet.

Ist der Druck nun auf ca. 12 Atm. gestiegen, so tritt in gleicher Weise wie geschildert die rechte Relaishälfte über Ma in Tätigkeit, und der Hilfsmotor kann anlaufen, da der entsprechende Momentschalter zwischen Kontakt 1 und 3 des Anlassers geschlossen ist. Das Zahnrad Z dreht sich weiter links herum durch S angetrieben, H natürlich ebenfalls und läßt die Traverse T fallen, wodurch der Hauptmotor ausgeschaltet wird; dessen ungeachtet läuft der Hilfsmotor solange weiter, bis der erste Stift den Schalter zwischen 1 und 3 ausschaltet. Inzwischen hat aber der zweite Stift den Ausschalter zwischen 1 und 2 schon wieder eingeschaltet, sodaß also bei fallendem Druck das Spiel von neuem beginnen kann. Die Schutzspule Sp verhindert ein Durchschlagen der Nebenschlußspulen N.

Figur 1a. Bei derselben Einrichtung für *automatischen Pumpenbetrieb* verwendet, tritt an Stelle des Relais R mit Manometer eine einfache durch das

Steigen und Fallen des Schwimmers S betätigte Kontaktvorrichtung C_2 und C_3 in Funktion, die genau wirkt wie Relais R auf seinen Kontakten C_2 und C_3. Der Anschluß des Apparates ist punktiert gezeichnet.

Tafel 79.

Figur 1. Die Wirkungsweise des *automatischen Pumpenanlassers* der „Vereinigten E.-A.-G. Wien" ist folgende.

Sinkt der Wasserstand im Reservoir und mit ihm der Schwimmer, so wird durch die Linksbewegung des Hebels A der mit einem entsprechendem Gewicht versehene Hebel B frei; derselbe bewirkt nun durch sein Herabfallen das Einschalten des Motors, da mit ihm einmal der Anker C sowie der mit Roll-Kontakten versehene Arm D starr verbunden sind. Dieses ganze System ist auf eine Welle w aufgekeilt, welch letztere behufs langsamer Einschaltung mit einem Windflügel versehen ist. Die punktierte Stellung stellt die Stellung „eingeschaltet" dar.

Steigt das Wasser im Reservoir, so bewegt sich der Hebel A frei nach rechts, dabei wird jedoch auch der mit A starr verbundene Arm E sich nach abwärts bewegen und wird hierdurch der um R drehbare Hebel F, welcher mit dem Arm E mit einer Feder verbunden ist, nach abwärts gedrückt, derart, daß er bei G Kontakt macht; in diesem Augenblicke ist, da der Hebel auf „eingeschaltet" steht, eine Verbindung von minus durch D nach M, von M nach R und so nach G gegeben.

Die beiden, um den Hufeisenmagnet angeordneten Magnetspiralen sind nun einerseits an G mit minus und anderseits durch N mit plus verbunden. Sie erzeugen infolgedessen ein kräftiges Feld und ziehen daher den in der punktierten Lage befindlichen Anker C in die Achse hinein; dadurch wird einerseits plötzlich ausgeschaltet, d. h. D wieder in seine ursprüngliche Lage gebracht, und anderseits das Gewicht B gehoben. Damit nun der Arm A wieder unter diesen Hebel B gelangen könne, ist derselbe in einem Charnier seitlich drehbar und wird so durch den Hebel B beim Aufsteigen des letzteren zur Seite gedrückt.

Damit der Lichtfunke abgerissen werde, ist noch ein Funkenlöscher angebracht. Im Momente des Ausschaltens des Stromes wird auch die Verbindung zwischen minus und M und infolgedessen auch der Magnetisierungsstrom für die beiden Spulen aufgehoben. Diese Anlasser, welche bereits bei vielen anderen Gelegenheiten Verwendung fanden, funktionieren äußerst zuverlässig und hat sich, trotzdem sie zu wiederholten Malen am Tage betätigt werden, noch keinerlei Anstand ergeben.

Figur 2. In Fig. 2 ist die Schaltung eines Pumpwerkes für eine hydraulische Druckanlage abgebildet*). Der Hauptmotor M_1, welcher mittels mehrerer Zahnradvorgelege eine Pumpe antreibt, hat den Zweck, den Druck des Wassers, welches bis auf ein gewisses Niveau während des Betriebes gesunken ist, durch Hinzupumpen wieder herzustellen, worauf der Motor wieder so lange außer Betrieb gesetzt wird, bis der Wasserdruck bis auf sein Mindestmaß gesunken ist. Zu diesem Zweck ist ein Druckregler D angebracht, an welchen unten die Druckleitung angeschlossen ist. In dem Druckregler wirkt das Wasser auf eine Membran, welche beim Erreichen des Höchstwasserdruckes ein gleichzeitig mit derselben verbundenes Schaltwerk betätigt, welches den Strom abstellt. Dem Wasserdruck entgegen arbeitet eine Spiralfeder, welche beim Erreichen des Mindestdruckes den Stromschluß herstellt. In gezeichneter Stellung ist letzteres der Fall, die Stange hat die tiefste Stellung erreicht, wobei die Nase A_1 den Hebel K in die dargestellte Stellung herumgelegt hat. Hierdurch haben sich die beiden Kontakte C berührt, und es geht jetzt Strom von der Plusschiene 11 nach C_1 über 4 weiter als Hauptstrom nach Schleifkontakt 10 des Anlassers, durchläuft sämtliche Widerstände, geht über Schleifkontakt 1, den Hebel H des Anlassers, den Anker des Motors M_1 nach — zurück bezw. als Nebenschlußstrom über die Magnete N nach — zurück, zusammen mit dem Hauptstrom. Der Motor M_1 hat sich jetzt mit dem Pumpwerk in Bewegung gesetzt, läuft aber nur langsam, weil der Hebel H des Anlassers beim Anlassen nicht die gezeichnete Stellung, sondern die punktierte Lage auf Kontakt 1 hat. Der kleine Hilfsmotor M_2 (Hauptstrommotor) erhält den Strom von der Klemme k_1 über Kontakt C_2, einen permanenten Vorschaltwiderstand Vw_1, Leitung 18 nach der — Schiene zurück. Bei C_2 geht ein Zweigstrom ab, welcher den permanenten Vorschaltwiderstand Vw_2 durchfließt und von hier weiter über den Magneten der magnetischen Kupplung Mk nach — zurückgeht. Mit dem Pumpenmotor M_1 hat sich also gleichzeitig der Hilfsmotor M_2 mit in Bewegung gesetzt und vermöge der magnetischen Kupplung Mk setzt derselbe das Schneckengetriebe Sch in Umdrehung, dessen Welle R mit dem Hebel H des Anlassers fest verbunden ist und diesen somit allmählich nach rechts dreht und in die gezeichnete Endstellung auf Kontakt 10 bringt. Hier ist ein kleiner Haltemagnet m angebracht, welcher den Anlaßhebel in seiner Endstellung festhält, so lange Strom um denselben und den Vorschaltwiderstand Vw_3 fließt. Sobald der Hebel den Kontakt 10 erreicht hat, wird in demselben Moment der kleine Hebel H_2 mitgenommen und so der Kontakt C_2 gelöst. Der Hilfsmotor M_2 und die magnetische Kupplung Mk werden stromlos. Da die letztere sofort ihre Wirkung aufgibt, kann der Motor M_2

*) Weitere Angaben s. ETZ. 03. No. 88, 89.

auslaufen, ohne das Bestreben zu haben, den Anlaßhebel H noch weiter zu verdrehen. Das Pumpwerk wird jetzt so lange in Betrieb bleiben, bis der höchste Normaldruck erreicht ist. Der Wasserdruck übertrifft die Federkraft der im Druckregler D angebrachten Feder und hebt die Stange a, welche, in der äußersten Stellung angekommen, vermittels der Nase c den Hebel d hebt, wodurch der Kontakt C gelöst wird.

Der Motor M_1 wird jetzt stromlos und steht still; gleichzeitig verliert aber auch der Haltemagnet M seine Kraft, und vermöge der angespannten Feder F wird der Hebel H des Anlassers wieder in die Anfangsstellung auf Kontakt 1 zurückgedreht. Dadurch wird die Berührung des letzteren und des Schalters h_2 ebenfalls aufgehoben, so daß die kleine Feder f den Kontakt C_2 wieder zusammenbringt, damit bei der nächsten Einschaltung Hilfsmotor und magnetische Kupplung sofort wieder Strom erhalten.

Tafel 80.

Figur 1. Das Schaltungsschema eines *automatischen Pumpenantriebes für Drehstromanlagen* zeigt uns die Figur. Das Gehäuse oder Stator der Motoren kann mit je einem dreipoligen Hebelumschalter HU_2 auf Dauerbetrieb nach innen oder auf intermittierenden Betrieb nach außen geschaltet werden; im letzteren Falle geschieht die Einschaltung durch den Momentausschalter MA, welcher durch zwei Anschlagstifte einer vom Schwimmer S beeinflußten Stange betätigt wird. Die Einschaltung bezw. das Kurzschließen des Ankers (Rotors) geschieht automatisch mit Hilfe von Zentrifugalregulatoren-Anlaßwiderständen AW von „S. & H.“ Ampèremeter A dienen zur Messung der Belastung. Durch die gezeichnete Anordnung lassen sich folgende Wirkungen erzielen:

1. Ein Motor läuft dauernd.
2. Beide Motoren laufen dauernd.
3. Ein Motor läuft intermittierend.
4. Beide Motoren laufen intermittierend.
5. Ein Motor läuft dauernd und einer läuft intermittierend zur Unterstützung.

Je nach Bedarf können daher die Umschalthebel HU_2 eingelegt werden.

Figur 2. Bei kleineren *automatischen Pumpenbetrieben*, welche zur Füllung von Wasserreservoiren dienen, kann man folgende *einfache Anlaßvorrichtung* anwenden.

Ein gewöhnlicher Anlaßwiderstand wird in der gezeichneten Weise mit dem Motor und dem Netz verbunden; der Hebel h des Anlassers kann durch eine Feder F langsam eingeschaltet werden, wird aber in ruhender Lage durch einen Sperrhaken solange zurückgehalten, bis der Arm des Schwim-

mers S ihn löst. Das Ausschalten des Motors geschieht durch Zurückdrücken des Hebels h durch den Schwimmerarm gegen Anschlag a. Der Widerstand des Anlassers ist für dauernden Stromdurchgang zu benutzen, da das Ausschalten (oder wenn das Ausschalten durch Federkraft geschieht, das Einschalten) langsamer vor sich geht. Der Schleifkontakt ist mit Kohlenfunkenzieher versehen, der federnd angebracht ist und erst bei Feststellung von h durch den Sperrhaken den Strom unterbricht.

Tafel 81.

Figur 1. Unter die Gruppe „automatische Apparate" gehören eigentlich auch alle mit Hilfe von Schwach- und Starkstrom betriebenen Automaten, doch ist deren Konstruktion und Schaltung derart einfach, daß dieselben hier fortgelassen werden müssen. Es sollen jedoch einige automatische Ausschaltapparate bezw. Schaltungen erwähnt werden, welche durch ihre besonderen Einrichtungen bemerkenswert sind.

Dies ist zunächst der *automatische Starkstromautomat* der „Union E.-G. Berlin", den dieselbe speziell bei Bahnanlagen verwendet. Er besteht aus einem Elektromagnet S mit Anker und Sperrhaken, federndem isolierten Kupfer-Bügel B, der durch die Spiralfeder Sp nach unten gezogen wird; k ist ein Kohlenkontakt, der mit B starr verbunden, aber isoliert von der Stange ist und die Kontakte a, a_1 verbindet. Um die Achse des zweiten Sperrhakens ist der Hebelarm drehbar, welcher durch den Handgriff H bewegt werden kann und dazu dient, c c_1 über B bezw. a a_1 über k zu schließen.

Ist jetzt der Schalter geschlossen und steigt der Strom zu hoch, so wird der Magnetismus des Magneten S derart wachsen, daß er seinen Anker sehr stark anzieht, den Sperrhaken löst und dadurch B und k durch Feder Sp zum Ausschalten bringt. Bei normaler Stromstärke ist jedoch die magnetische Wirkung zu klein um den Sperrhaken auszulösen. Ein Vorzug beim Ausschalten ist, daß der im Nebenschluß liegende Stromkreis von C über Funkenlöscherspulen m_1 m_2 zu c_1 durch k erst geöffnet wird, wenn der Hauptstrom schon unterbrochen ist, sodaß zu große Funkenbildung vermieden ist. Da aber dieser Nebenschluß durch k auch zuerst beim Einschalten geschlossen wird, kann der Hauptstrom nicht eher eingeschaltet werden, als bis der die hohe Stromstärke verursachende Fehler beseitigt wurde, denn sobald k a und a_1 verbindet, tritt S in Wirkung und verhindert durch den Sperrhaken das Höherdrücken des Schleifkontaktes B.

Figur 2. Um zu verhüten, daß parallel arbeitende Drehstrommaschinen einander antreiben, benutzt man nach Niethammer*) einen automatischen von

*) Niethammer: Generatoren, Motoren und Steuerapparate f. elektrisch betriebene Hebe- und Transportmaschinen.

Andrews konstruierten *selbsttätigen Ausschalter, der auf der Wirkung der Phasenverschiebung beruht.*

Solange nämlich die Drehstromgeneratoren D_1 und D_2 Phasengleichheit besitzen, werden die von der Dynamo D_1 erregten Elektromagnete, welche zu einer Zeit z. B. N und S Pole haben, die Pole des über Transformator T magnetisierten drehbaren Ankers a abstoßen, da hier infolge entsprechender Wicklung gleichnamige Pole entstehen. Tritt jedoch zwischen Netz- und Maschinenspannung eine so große Phasenverschiebung ein, daß der Strom sich umkehrt, so wird der Anker von dem Elektromagneten angezogen, Hebel h läßt das Gewicht G los, welches den Ausschalter H_1 öffnet und die Dynamo abschaltet. Dasselbe würde natürlich auch im entsprechenden Falle bei D_2 eintreten.

Figur 3. Eine *automatische Vorrichtung, um bei hochgespannten Drehstromanlagen bei Drahtbruch sofort die Leitung abzuschalten,* ist nach Schiemann folgende.

In den Magneterregungskreis einer Drehstromdynamo D ist ein Starkstromautomat eingeschaltet, welcher die Leitung bei c und a durch Lösen des Kohlenkontaktes unter Lichtbogenbildung, d. h. allmählich unterbricht. Sobald nun in der Fernleitung hinter Transformator T_1 d. h. im Netz alles in Ordnung ist, wird die sekundäre Spule von T_2 stromlos sein; tritt aber z. B. bei E ein Drahtbruch ein, so wird das Phasengleichgewicht gestört und in der sekundären Spule werden Ströme hervorgerufen, welche auf die Spule des Automaten wirken und den Erregerkreis durch diesen öffnen. Empfehlenswert ist die Anordnung des Automaten im Erregerkreis der Erregerdynamo (s. Taf. 104, Fig. 9).

Tafel 82.

Figur 1. Zur Vermeidung der nicht unbedeutenden Leerlaufverluste bei Transformatoren in großen Verteilungsnetzen verwendet man zur Erzielung einer größten Ersparnis des Eigenverbrauchs *automatische Leerlaufsausschalter* für die Primärspannung von *Transformatoren.* Diese Schalter, welche von der „E.-A.-G. v. Schuckert & Co.“ gebaut werden, arbeiten in folgender Weise*):

Der Schaltapparat besteht aus einer Magnetspule S mit eingeschlossenem beweglichen Eisenkern E, welche vorübergehend von dem Sekundärstrom des Transformators T gespeist wird, ferner aus einem kleinen Elektromagneten e, der aus einer besonderen Stromquelle B (Trockenelement) vorübergehend Strom erhält. Die beiden Magnetsysteme sind durch einen Winkelhebel h, der in o drehbar gelagert ist, in Abhängigkeit gebracht. Der vertikale

*) Näheres s. ETZ. 01 Heft 17.

Schenkel des Winkelhebels dient zur Arretierung des beweglichen Eisenzylinders H, dessen obere Verlängerung den Primärausschalter A_1 bildet. Der horizontale Schenkel trägt an seinem Ende den Schwachstromkontakt k_4 und den Magnetanker a zum Elektromagneten e.

Das Schema stellt den Apparat mit ausgeschaltetem Motor und Transformator dar. Soll nun ein Stromverbraucher unter Strom gesetzt werden, so wird der Schalter bei C_1 geschlossen, sodaß der Strom von der Stromquelle nach dem kleinen Elektromagneten e fließt, dieser wird erregt, zieht den Anker A an und löst den Eisenkern E des Elektromagneten S aus, sodaß dieser durch sein Gewicht herunterfällt und den Schalter HA des Primärstromkreises zum Transformator schließt. Der Stromkreis der Stromquelle B bleibt nach diesem Vorgang geöffnet, da der Hebelarm h nach der Abwärtsbewegung des Eisenkernes H aus seiner Ruhelage gerückt bleibt, und diese geringe Bewegung genügt, um den Kontakt C_4 zu unterbrechen.

Beim Abstellen der Motoranlage M wird der Ausschalter bei C_1 in die gezeichnete Stellung gebracht. Bei dieser Bewegung berührt der Schalthebel vorübergehend den Kontakt C_2. Diese momentane Berührung hat zur Folge, daß die Magnetspule S von dem Sekundärstrom des Transformators vorübergehend kräftig erregt, der Magnetkern emporgeschnellt und der Primärstrom des Transformators momentan unterbrochen wird. Der Hub des Magnetkernes E ist so begrenzt, daß ein sicheres Einklinken des Hebels h und Arretieren des Eisenkernes E gewährleistet wird.

Der Apparat besitzt daher nur zwei bewegliche Teile, die fast keiner Abnutzung unterliegen, wodurch ein sicheres Funktionieren verbürgt wird, und es wird dadurch, daß der Primärstrom erst ausgeschaltet wird, nachdem der Sekundärstrom bereits unterbrochen ist, nur der sehr geringe Leerlaufstrom am Hochspannungsschalter A_1 unterbrochen. Infolgedessen wird der Apparat von einem Dauerstrom nicht durchflossen und verbraucht keine Energie.

Figur 2 und 3. Sicherungen und gewöhnliche *automatische Ausschalter* haben den Nachteil, daß sie nicht nur bei einer länger dauernden Störung oder Kurzschluß in dem zu schützenden Kreise in Funktion treten, sondern bereits bei jedem momentanen und vorübergehenden Ansteigen der Stromstärke über *die* festgesetzte Grenze hinaus *ansprechen*. Diesem Mangel läßt sich bei der Schmelzsicherung nur in unvollkommener Weise durch die Abmessung des Schmelzstreifens begegnen, indem derselbe so bemessen wird, daß er bei einer festgesetzten Stromstärke *erst nach einer bestimmten Zeit* abschmilzt. Daß dieser Schutz bei nicht konstanter Stromstärke ein ziemlich problematischer ist, ist ohne weiteres ersichtlich. In besserer Weise läßt sich eine Zeitbegrenzung mit dem automatischen Ausschalter in Verbindung

bringen. *Eine solche Anordnung ist im Schema Fig. 2 skizziert**). Im Sekundärkreis des Stromtransformators ist mit einem Auslösemagnet *AM* ein zweiter Magnet geschaltet, der die Aufgabe hat, bei einer gegebenen Stromstärke ein Antriebswerk zur Auslösung zu bringen. Der Stromlauf ist folgender: Von der Sekundärwicklung des Stromtransformators *StT* nimmt der Strom seinen Weg durch die Wicklung des Hilfsmagneten *Hm* zurück nach dem Stromtransformator. Gleichzeitig zweigt bei *d* eine Leitung zu der Kontaktfeder *c* ab. Auf dem Umfang der nicht leitenden Scheibe *S*, die von dem Triebwerk *R* in Umdrehung versetzt wird, ist ein Kontakt C_1 eingelassen, welcher über die Spule *S* des Auslösemagneten *AM* mit dem anderen Ende der Wicklung des Transformators resp. des Hilfsmagneten *Hm* verbunden ist. Hilfsmagnet und Auslösemagnet sprechen auf die gleiche Stromstärke an. Nimmt der Strom in der Hauptleitung einen höheren Betrag als den normalen an, so zieht zunächst der Hilfsmagnet *Hm* seinen Anker an; hierdurch wird das Gestänge *St* und die Sperrklinke *k* gehoben, das Triebwerk *R* wird freigegeben und die Scheibe *S* beginnt ihre Drehung. Zugleich hat das Gestänge die Feder *c* gegen den Umfang der Scheibe gedrückt. Kommt der Kontakt C_1 bei der Drehung mit *C* in Berührung, so wird der Auslösemagnet *AM* erregt und der automatische Ölschalter unterbricht den Hauptstromkreis. Die Kontaktscheibe läuft nun noch weiter, bis der Kontakt *h* seine Anfangsstellung wieder eingenommen hat und Sperrung durch die Klinke *k* eintritt. Die verschiedene Zeiteinstellung für die Auslösung wird durch die Veränderung der Anfangsstellung des Kontaktes C_1 vorgenommen. War die Ursache für das Funktionieren des Automaten aufgehoben worden, bevor der Kontakt C_1 bei der Feder *C* anlangte, so hatte der Hilfsmagnet seinen Anker wieder losgelassen und das Gestänge hatte die Feder vom Umfang der rotierenden Scheibe abgehoben. Letztere konnte nun, ohne den Stromkreis des Auslösemagneten zu schließen, ihren Weg bis zur Sperrung vollenden.

Eine weitere Kombination der automatischen Ölschalter der „Union E.-G.“ mit einem Hilfsapparat sei in Figur 3 kurz beschrieben. In manchen Fällen wird es erwünscht sein, durch eine Vorkehrung zu verhüten, daß ein Punkt des Netzes oder eine Unterstation in irgend einer Weise nach der Hauptstation zurückspeist. Es müßte also ein Apparat vorgesehen werden, der auf die Umkehrung der Stromrichtung anspricht und hierdurch den automatischen Schalter zur Auslösung bringt. Zu diesem Zweck wird in den Relaiskreis des Maximalautomaten *AM* ein kleiner Gleichstrommotor *M* eingeschaltet, durch dessen Drehung der Relaiskreis mittels eines bewegten Kontaktes *C* geschlossen wird. Der Anker dieses Motors wird durch die Sekundärwicklung eines Spannungstransformators *SpT* gespeist, der zwischen zwei Leitungen

*) Näheres s. ETZ. 03. Gerhardt, Neuere Hochspannungsausschalter.

angeschlossen ist, während die Magnete von einem Stromtransformator *StT*, der in eine dieser Leitungen geschaltet ist, erregt werden. Hierdurch erhält der Anker ein Drehmoment in einem bestimmten Sinne; durch einen Anschlag wird die Drehung jedoch auf einen kleinen Winkel begrenzt. Kehrt sich die Stromrichtung in den Leitungen um, so erhält der Anker infolge der Phasenverschiebung zwischen Magnet- und Ankerstrom ein Drehmoment in entgegengesetztem Sinne, mit dem Anker nimmt der auf seiner Welle befestigte Kontaktarm an der kurzen Drehung teil und es wird durch *C* der Relaiskreis geschlossen und der Ölschalter *HoA* zur Auslösung gebracht.

VI. Abschnitt.

Schaltungen von Meß-, Prüf-, Zähl-, Signal- und Sicherheits-Apparaten.

Tafel 83.

Figur 1. *Voltmeter.* Es dient zur Messung der Spannungen der elektrischen Ströme und besteht in seinem Hauptteil aus einer Spule von hohem Widerstand, in welche ein weicher Eisenkern a, der an der einen Seite eines zweiarmigen um P drehbaren Hebels und durch die Spiralfeder Sp zurückgehalten, infolge der Solenoid-Wirkung hineingezogen wird *(elektromagnetisches Voltmeter)*. Mit dem erwähnten Hebel ist bei P ein Zeiger Z aus leichtem Metall starr verbunden, sodaß derselbe beim Einziehen von a in die Spule auf der gezeichneten Skala die Spannung angibt. St sind Anschlagstifte.

Die Spule des Voltmeters besteht aus vielen dünnen Windungen von hohem Widerstande, doch wird meistens nur ein Teil des Widerstandes — besonders bei höheren Spannungen — in die wirksame Spule gelegt und der übrige Teil durch die Widerstandsspule W ergänzt. Da das Voltmeter stets im Nebenschluß, d. h. zwischen den entgegengesetzten Polen liegt, so wird die Höhe der dasselbe durchfließenden Stromstärke abhängig sein von seinem ohmischen Widerstand und der Potentialdifferenz. Wir messen daher im Grunde genommen die Stromstärke, welche je nach der Höhe der an den Klemmen des Voltmeters herrschenden Spannung größer oder kleiner sein wird, wodurch im Solenoid mehr oder weniger Ampèrewindungen hervorgerufen und die elektromagnetische Kraftwirkung größer oder kleiner wird. Hätten wir z. B. ein Voltmeter für 220 Volt von 2200 Ohm Widerstand, so wäre die Stromstärke in der Spule $\frac{220}{2200} = 0{,}1$ Ampère; bei 4000 Windungen hätten wir demnach eine magnetisierende Kraft von $4000 \cdot 0{,}1 = 400$ Ampèrewindungen; der Zeiger würde sich also bei richtiger Eichung bei 220 Volt auf 220 einstellen. Legen wir diesen Apparat aber an eine 110 Volt-Leitung, so wird die Stromstärke $\frac{110}{2200} = 0{,}05$ Ampère und wir erhalten nur

$4000 \cdot 0{,}05 = 200$ Ampèrewindungen, die magnetisierende Kraft wird also kleiner. Wir sehen daher, daß Strom und Spannung bei gleichem ohmischen Widerstande einander proportional bleiben müssen, weshalb man also die Spannung auch durch die durch sie bestimmte Stromstärke bei bekanntem Widerstand messen kann.

Figur 2. *Ampèremeter.* Das Ampèremeter nach elektromagnetischem Prinzip weicht nur insofern von der Konstruktion des Voltmeters ab, als dieses durch die Verwendungszwecke bedingt wird. Während wir nämlich die Spule des Voltmeters aus erwähnten Gründen zwecks Messung der Spannung von sehr hohem Widerstande nehmen mußten, müssen wir für die Strommessung eine solche von sehr niedrigem verwenden, weil wir einmal nur die Ampèrewindungen zu berücksichtigen brauchen und sonst bei merklichem Widerstande Spannung unnütz vernichten würden, da der gesamte Strom durch die Spule geht. Bei einem Ampèremeter für beispielsweise 100 Ampère und ca. 5 Windungen erhielten wir 500 Ampèrewindungen; nehmen wir nun einen ohmischen Widerstand von 0,001 Ohm an, so würde der Spannungsabfall $100 \cdot 0{,}001 = 0{,}1$ Volt betragen; fällt die Stromstärke, so fällt auch proportional der Spannungsabfall, und ebenso umgekehrt.

Hierbei sei noch zu bemerken, daß die elektromagnetischen Apparate, trotzdem eigentlich die Stromrichtung in denselben gleichgültig sein sollte, stets an die der Klemmenbezeichnung entsprechenden Pole gelegt werden müssen, weil die Apparate so geeicht sind und beim Stromrichtungswechsel infolge der Hysteresis des Eisens nie wieder richtig zeigen und nachgeeicht werden müssen. Ganz besonders ist dies bei Voltmetern der Fall.

Das elektromagnetische Prinzip kann sowohl für Gleichstrom wie für Wechselstrom Verwendung finden, jedoch wird bei Wechselstrom meistens infolge der Induktionswirkung und Drosselung besondere Konstruktion bezw. Spulenwicklung notwendig, zum mindesten jedoch andere Eichung, sodaß derartige Apparate immer nur für die Stromart zu brauchen sind bezw. bei derjenigen richtig zeigen, für welche sie gebaut sind.

Figur 3. Das Prinzip *aperiodischer Gleichstrom-Meßapparate*, System Deprez d'Arsonval, basiert auf der Anziehung bezw. Abstoßung einer stromdurchflossenen Spule *sp* von einem permanenten, gewöhnlich in Hufeisenform ausgebildeten Magneten *M*.

Für alle Messungen, bei denen es auf große Genauigkeit ankommt, für Eichzwecke, Laboratorienmessungen, wissenschaftliche Untersuchungen usw. sind diese Präzisions-Normal-Instrumente bestimmt.

Die Konstruktion derselben beruht, wie erwähnt, auf dem Prinzip einer in starkem Magnetfelde angeordneten drehbaren Spule. Das hierfür verwendete System besteht, wie die Figur erkennen läßt, aus einem einzigen,

in Messingguß hergestellten Körper, durch welchen eine genaue Zentrierung und Befestigung des zylindrischen Eisenkernes K und der Polschuhe M zur Erzielung eines möglichst homogenen Kraftlinienfeldes erreicht ist. Der Gußkörper dient gleichzeitig zur Aufnahme der Lagerungen, zur Befestigung der Skale und des Magneten und ist am unteren Teile als Fuß zum Einbau in das Gehäuse ausgebildet.

Durch diese Konstruktion und durch gewissenhafte Prüfung der Instrumente während der Herstellung ist die hohe Genauigkeit von $\pm$ 0,1 eines Skalenintervalles und große Konstanz der Angaben gewährleistet, sowie aperiodische Dämpfung der Instrumente erreicht. Da die Instrumente ein sehr starkes eigenes Magnetfeld besitzen, ist die Beeinflussung durch äußere Felder sehr gering.

Die Apparate, welche einen geringen Eigenwiderstand besitzen, werden je nach Verbindung mit einem Shunt *NW* oder Vorschaltwiderstand *VW* und Spannungsmesser verwendet.

Figur 4. Das *Kompensationsverfahren* dient zur exakten Messung von Spannungen bezw. zur Vergleichung derselben mit Normal-Spannungen. Es ist eine Nullmethode und aus diesem Grunde das genaueste Meßverfahren, welches in keinem Laboratorium fehlen sollte.

Der Kompensator nach „Franke“ unterscheidet sich von anderen Apparaten dieser Art vor allem durch seine Einfachheit, Übersichtlichkeit und Bequemlichkeit, welche gestattet, ohne jegliche Rechnung und Korrektionen das Resultat direkt abzulesen.

Der Apparat wird, um den verschiedensten praktischen und auch wissenschaftlichen Anforderungen zu genügen, sowohl in einfacher, wie auch in höchst vollkommener Form ausgeführt, so daß das Kompensationsverfahren in weitestem Maße zur Anwendung gelangen kann. Der einfache Kompensator ist ebenso leicht zu bedienen, wie ein Präzisions-Volt- oder Amperemeter, nur mit dem Unterschiede, daß die Messung eine viel genauere ist.

Durch Verwendung von einfachen Vorschalt- oder Parallelschaltwiderständen können die Kompensatoren für die verschiedensten Meßbereiche von 0,0001 bis 1500 Volt geeignet gemacht werden und bedürfen nicht noch kostspieliger Präzisionsrheostate, die bei anderen Kompensatoren meistens als Nebenapparate zur Messung höherer und niederiger Spannungen verwendet werden müssen.

Der Kompensator ist ein Normal-Präzisions-Meßapparat und eignet sich speziell zu folgenden Zwecken.

1. Zur exakten Bestimmung von Spannungen, in Verbindung mit Normalwiderständen zur exakten Bestimmung von Strömen und Widerständen;

2. Zur Eichung, Prüfung und Kontrolle von Präzisions-Instrumenten, von Volt- und Ampèremetern, Wattmetern, Zählern usw.;
3. Zu elektrochemischen Untersuchungen.

In Verbindung mit geeigneten Hilfsapparaten zur Eichung von elektrischen Pyrometern, zur exakten Bestimmung von Tourenzahlen usw. Das Meßverfahren des Kompensators ist folgendes:

Ein Widerstand *AB*, welcher noch sehr kleine Unterteilungen zuläßt, in Fig. 4 ein Meßdraht über einer 100 teiligen Skale, ist mit einem Schieber-Rheostaten *CD* verbunden, welcher 14 mal den Widerstand *AB* enthält; beide sind nebst einem Regulierwiderstande *R* in den Stromkreis eines Hilfs-Akkumulators *H* von etwa 2 Volt Spannung eingeschaltet. Ein Normalelement *N* nebst Galvanometer *G* kann mit Hilfe beweglicher Schieber-Kontakte K_1 und K_2 an beliebigen Punkten des Rheostaten *CD* und des Meßdrahtes *AB* angelegt werden. Wählt man diese Punkte so, daß ihre Zahlenwerte der Spannung des Normalelements entsprechen (z. B. 1,0192 Volt für das Weston Element) und ändert mit Hilfe des Regulierwiderstandes *R* die Stromstärke des Akkumulators so lange, bis das Galvanometer die Stromlosigkeit des Normalelements anzeigt, so entspricht das durch den Hilfsstrom des Akkumulators hergestellte Spannungsgefälle an den Widerständen genau den Zahlenwerten. Damit ist der Apparat geeicht und dient nun ohne weiteres zur Messung von Spannungen von 0,1 bis 1,5 Volt, indem an Stelle des Normalelements die zu messende Spannung eingeschaltet und durch Verschieben der Schieber K_1 und K_2 kompensiert wird. Die hierbei abgelesenen Zahlen ergeben die wirklichen Werte ohne jegliche Rechnung.

Figur 5. *Zur Messung kleinerer Spannungen unter 0,1 Volt bis herab auf 0,0001 Volt* ist die Einrichtung getroffen, daß man durch geeignete Nebenflüsse (1/9 W bezw. 1/99 W) und Zusatzwiderstände (9/10 W bezw. 99/100 W) zu den Kompensationswiderständen vom Gesamtwerte *W* die Stromstärke im Kompensator dekadisch verkleinert und dadurch gleichzeitig das gesamte Spannungsgefälle auf 1/10 bezw. 1/100 usw. seines früheren Wertes herabgesetzt. Die an den Schiebern abgelesenen Zahlen sind dann mit den Werten der Nebenschlüsse 0,1 bezw. 0,01 usw. zu multiplizieren.

Figur 6. *Zur Bestimmung höherer Spannungen* ist ein in besonderem Kasten angebrachter Spannungsteiler vorgesehen. 4 Widerstände mit den Werten 100, 900, 9000, 90000, zusammen 100000 Ohm werden hintereinander geschaltet und mit der zu messenden hohen Spannung (*h S*) verbunden. Indem man mit Hilfe eines Stöpsels von den Werten 100, 1000 oder 10000 Ohm abzweigt, kann man die Gesamtspannung dekadisch unterteilen und so groß wählen, daß sie zwischen 0,1 und 1,5 Volt liegt (*n S*)

und mit dem Kompensator bestimmt werden kann. Die abgelesenen Werte sind wiederum mit der Stöpseleinstellung (10 oder 100 oder 1000) zu multiplizieren.

Tafel 84.

Figur 1. Die Schaltung eines *Volt-* bezw. *Ampèremeters*, dessen Wirkungsweise auf der durch Erwärmung hervorgerufenen Ausdehnung eines vom Strome durchflossenen Leiters beruht, haben wir in dem *Hitzdraht, Volt- (oder Ampère-) meter* der Firma „Hartmann & Braun“ und anderer vor uns. Zwischen zwei Klemmen ist über die Rollen *RR* ein Widerstandsdraht *a* ausgespannt, dessen Länge ganz von der Wärmewirkung abhängig ist, und der bei höherer Spannung und stets gleichem ohmischen Widerstand infolge der größeren Stromstärke länger wird. Hierdurch kann die Spiralfeder *Sp* in Wirkung treten, indem sie den Zeiger *Z* über die Skala bewegt. Die Eichung dieser Apparate hat natürlich mit Hilfe eines Vergleichsapparates zu geschehen.

Der Vorzug von diesen Apparaten liegt darin, daß sie von benachbarten magnetischen Feldern nicht beeinflußt werden und keine Induktionswirkung besitzen, weshalb sie sowohl für Gleichstrom als besonders für Wechselstrom und höhere Spannungen gleich gut zu benutzen sind.

Figur 2. Zur Messung der elektrischen Energie, d. h. der einen Leiter durchfließenden Voltampère oder Watt, muß man sich eines kombinierten Volt- und Ampèremeters, des *Wattmeters* bedienen.

In der Figur ist *VW* ein Vorschaltwiderstand für die Voltmeterspule *n*, *Sp* eine Spiralfeder, die den Zeiger *Z* in der 0-Stellung hält und der Solenoidwirkung entgegenarbeitet. *S* ist die Stromspule der Strommessung. Der Anschluß geht aus der Zeichnung genau hervor. Diese Apparate können sowohl für Gleich- als für Wechselstrom gebaut werden. In letzterem Falle zeigen sie jedoch nur die scheinbaren Watt an, weil die Phasenverschiebung unberücksichtigt bleibt; die wirklichen Watt ergeben sich durch Multiplikation der scheinbaren Watt mit dem Winkel der Phasenverschiebung cos φ (siehe Tafel 85, Figur 2). Ein Vorzug bleibt jedoch die Unabhängigkeit von der Anzahl der Polwechsel.

Figur 3. Für Wechselstrom — ein-, zwei- und dreiphasigen — verwendet man vorzugsweise Induktionsinstrumente, deren Prinzip auf der elektrodynamischen Schirmwirkung beruht. So baut z. B. die „A. E.-G.“ nach dem vorliegenden Schema ihre *Volt- (bezw. Ampère-)meter für Wechselstrom.*

Zu beiden Seiten einer um ihre Achse drehbaren Aluminium oder Kupferscheibe *K* befinden sich die hufeisengeformten Wechselstrom-Magnetspulen *WSp* einander gegenüber. Vor diesen befinden sich die Metallplatten (Schirme) *Sch*,

welche die Polflächen teilweise bedecken. Die Kraftlinien, die von einem Magnetpol zum andern übergehen, treffen zum Teil die feststehenden Schirme, zum Teil (links von den Schirmen) die drehbare Scheibe und induzieren in ihnen in sich geschlossene (Wirbel-) Ströme. Da diese Ströme von demselben magnetischen Felde erzeugt werden, haben sie dieselbe Richtung. Nach dem Grundgesetze der Elektrodynamik ziehen sich nun gleichgerichtete parallele Ströme an, und weil die in der drehbaren Scheibe induzierten Ströme links seitwärts von dem Schirm (neben dem unbedeckten Teile der Magnetpole) ihren Sitz haben, so erhält die Scheibe ein Drehmoment im Sinne des Pfeiles. Die schirmenden Platten reichen nach rechts nicht über die drehbare Scheibe hinaus, sondern sind aufgebogen, sodaß sie oben und rechts den Pol auch seitlich bedecken. Außerdem wirkt auf die Scheibe noch der Dauermagnet *DM*, um eine gute Dämpfung hervorzubringen. Dies ist ein Hauptvorteil dieser Instrumente.

Dieser Umstand ist von besonderer Wichtigkeit bei Parallelbetrieb von Wechsel- und Drehstrommaschienen, sowie beim Betriebe von Synchronmotoren und endlich bei jedem Motorantrieb, bei welchem mit unruhiger Belastung zu rechnen ist. Ein anderer Vorteil liegt darin, daß ihre Angaben weniger von der Kurvenform des Wechselstromes abhängig sind, als die elektromagnetischen Instrumente in Figur 2. Was die Abhängigkeit von der Polwechselzahl anbelangt, so ist zu bemerken, daß die Voltmeter nach diesem System ungefähr die gleiche, die Ampèremeter hingegen eine größere Abhängigkeit haben als die elektromagnetischen Instrumente. Diese Voltmeter können natürlich so wie die andern auch als *Isolations-Prüfer* für Schalttafeln bei einer bestimmten Betriebsspannung verwendet werden. *Drsp* ist eine Drosselspule, *Sp* eine auf den Zeiger und *k* wirkende Spiralfeder.

Figur 4. Die *Wattmeter für Wechselstrom* der A. E.-G. beruhen auf demselben Prinzip, wie die beschriebenen Voltmeter.

Die Schaltung dieser Instrumente ist aus der Figur ersichtlich. Sie enthalten 3 Elektromagnete, von denen der mittlere im Hauptstrome *HSp*, die beiden äußeren im Nebenschluß *NS* liegen. Die Metallschirme *Sch* befinden sich nur auf den beiden äußeren Magneten; außerdem ist noch ein Dauermagnet *DM* zur Dämpfung vorhanden. In den Nebenschluß ist ferner eine Drosselspule *DrSp* eingeschaltet, welche am besten hinter der Schalttafel untergebracht wird.

Bei diesen Induktions-Wattmetern ist es möglich, bei gleicher Größe ein stärkeres Drehmoment zu erzielen, als bei anderen Systemen. Daher kann man sie zu registrierenden Leistungsmessern ausbilden, bei welchen der Ausschlag des Instrumentes nicht erst durch ein Relais auf ein Schreibwerk übertragen wird, sondern wo der Zeiger selbst die Feder trägt, die auf einen

Papierstreifen die Leistung aufzeichnet. Durch diese unmittelbare Aufzeichnung wird der ganze Apparat konstruktiv einfach und klein. Der Papierstreifen geht über 2 Rollen, die von einem Uhrwerk so angetrieben werden, daß der Streifen, der ungefähr 44 cm verfügbare Länge hat, in einem Tage abläuft. Das Aufziehen eines neuen Streifens geschieht dadurch, daß die Enden über den Rollen zusammengeklebt werden.

Figur 4*a, b* zeigen nun den *Anschluß eines* vorher beschriebenen *Wattmeters für Drehstromanlagen* und zwar 4*a* bei Sternschaltung mit Ausgleichsleitung, 4*b* bei Dreieckschaltung. Im ersteren Falle wird die Stromspule in eine Leitung, die Spannungsspule zwischen die zugehörige Phase, d. h. an den Nullpunkt und die Leitung gelegt, während im zweiten ein künstlicher Nullpunkt mit dem Nullpunktwiderstand *Np W* geschaffen werden muß.

Tafel 85.

Figur 1. Bei den „A. E.-G.“-Wattmetern dieses Systems ist wie bei den Ampèremetern (s. Tafel 84, Figur 3) die *Anwendung von Stromwandlern* möglich. Um nun aber Instrumente, die gar keine Hochspannung führen, zu erreichen, muß auch der Nebenschlußstrom umgeformt werden. Dies geschieht mittels der *Spannungswandler*, die sich von gewöhnlichen Transformatoren nur durch eine andere Anordnung unterscheiden (s. Figur). Es gehört demnach zu jedem Wattmeter ein bestimmter Stromwandler *HT* und ein bestimmter Spannungswandler *NT*, so wie zu den dynamometrischen Wattmetern ein bestimmter Vorschaltwiderstand gehört (s. Tafel 84, Figur 2).

Die Verwendung von Stromwandlern zur reinen Strommessung (Tafel 84, Figur 3) gewährt noch einen anderen Vorteil. Man kann nämlich dasselbe Instrument mit Hilfe eines Umschalters zur Vergleichung mehrerer Stromkreise verwenden, ohne die Ströme selbst zu unterbrechen. Das ist namentlich bei Drehstrom ein Vorzug, wo es häufig erforderlich ist, die Ströme in den einzelnen Leitungen untereinander genau vergleichen zu können. Dazu sind sonst 2 oder 3 Ampèremeter erforderlich, von denen man sicher sein muß, daß sie genau übereinstimmen.

Auch bei sehr großen Stromstärken kommt ein Spannungswandler zur Verwendung, um die Unterbringung der großen Kupferquerschnitte im Instrument selbst zu vermeiden.

Die Möglichkeit, Hochspannungs-Wattmeter zu bauen, ohne den hochgespannten Strom selbst in das Instrument führen zu müssen, kommt diesen Induktions-Wattmetern allein zu. Bei den dynamometrischen Wattmetern hingegen ist die Verwendung von Strom- und Spannungswandlern unmöglich, weil durch diese eine Phasenverschiebung verursacht wird, die wesentlich

anders ist, als die Phasenverschiebung des zu messenden Stromes. Bei den Induktions-Wattmetern aber ist es möglich, die von den Strom- und Spannungswandlern verursachte Phasenverschiebung auszugleichen und so Instrumente herzustellen, deren Angaben von dem cos φ unabhängig sind.

Figur 2. Wir haben früher bereits gesehen, daß parallel laufende Wechselstrommaschinen neuerdings nur durch vermehrte oder verminderte Dampfzufuhr der Dampfmaschine in Phase gehalten werden, ohne daß die Erregung der Maschinen geändert wird, und haben erfahren, daß dieses auf der synchronisierenden Kraft der Maschinen beruht. Diese synchronisierende Kraft ist ein wattloser Ausgleichsstrom, Korrektionsstrom, welcher bei den Maschinen auftritt, sobald die Erregung nicht der Kraftzufuhr entspricht. Dieser wattlose Ausgleichsstrom beeinflußt nun indirekt durch den Ankerstrom das Magnetfeld, je nachdem er voreilt oder zurückbleibt.

Um daher zu erkennen, ob dieser Korrektionsstrom vorhanden und in welchem Sinne er wirkt, benutzt man z. B. folgendes von Dolivo v. Dobrovolsky konstruiertes *Phasenmeter der „A. E.-G."*.

Dasselbe besteht aus zwei Spulen, einer Spannungsspule *SpSp* und einer Stromspule *StrSp*, welche aufeinander senkrecht stehend angeordnet sind, und induzierend auf eine in zwei Spitzen gelagerte Eisenscheibe *E* wirken. Mit der Achse der Eisenscheibe ist der Zeiger *Z* starr verbunden. Eine Spiralfeder dient als Gegenwirkung gegen das Drehmoment und Maß für das letztere.

Sind nun Strom und Spannung zueinander in der Phase verschoben, so wird auf die Scheibe *E* ein Drehmoment ausgeübt, und dieses kann an dem Ausschlag des Zeigers gemessen werden. Der Ausschlag wird nun nach der einen oder andern Seite entstehen, je nachdem Strom oder Spannung gegeneinander voreilen.

Eigentlich messen wir nun mit dem Phasenmeter den „wattlosen Strom" oder „Leerstrom", welchen man in anderer Weise dadurch erhält, daß man zunächst den Leitungsstrom mittels Ampèremeter, die Watt mittels Wattmeter und die Spannung mittels Voltmeter mißt, und darauf die Watt durch die Spannung dividiert. Alsdann erhält man aus dem Verhältnis von resultierenden Wattstrom zum Leitungsstrom cos φ und daher die Phasenverschiebung. Den wattlosen Strom kann man sich hierauf unter Zuhilfenahme des bekannten rechtwinkligen Diagramms konstruieren.

Figur 3. Will man den *in Transformatoren auftretenden Spannungsabfall messen*, so legt man die Primärwicklungen *p* der Transformatoren T_1 und T_2 ans Netz und schaltet die sekundären Spulen *S* einander entgegen. Jetzt belastet man den einen Transformator durch Glühlampen *Gl*, und erhält am Voltmeter *V* den Spannungsabfall (n. Feldmann).

Figur 4a, b, c stellt uns die verschiedenen Schaltungen bei einfacher Isolations-Prüfung einer Dynamomaschine dar. In Figur *a* wird mit dem Galvanometer *G* und Batterie *B* die Isolation der Ankerdrähte bezw. des Kollektor *c* gegen Erde bezw. Gehäuse und Welle *W* geprüft, bei Figur *b* einmal der Widerstand der Magnetwicklungen, dann die Isolation gegen das Gehäuse *M*. Zur Messung des Ankerwiderstandes bezw. zur Feststellung der Richtigkeit der Wicklungen bedient man sich der Schaltung Figur *c*. *Stq* ist eine Stromquelle, z. B. Batterie, *A* sind Ampèremeter, *G* Galvanometer, *C* der Kollektor des Ankers, *B* die Bürsten, *RW* ein Regulierwiderstand und *W* der Widerstandsdraht einer Meßbrücke.

Lassen wir jetzt von *Stq* einen stets gleich starken Strom *i* über *A* und *RW* in den Anker fließen, so verteilt sich derselbe in den Ankerhälften zu $\frac{i}{2} - \frac{i}{2}$. Berühren wir jetzt zwei benachbarte Kollektorsegmente in einer Hälfte mit den von der Meßbrücke führenden Drähten, so können wir den Widerstand der zwischen den Segmenten liegenden Spule ermitteln, indem wir den Kontakt *Z* am Widerstand *W* solange verschieben, bis kein Ausschlag des Galvanometers *G* mehr erfolgt. Das zwischen + und *Z* liegende Stück von *W* ist ein Maß für den Widerstand der gemessenen Ankerspule.

Tafel 86.

Figur 1. Für die *Revision von Bahnmotoren* veröffentlicht „Street Railway Journal“ u. a. eine neue Methode zur Prüfung beschädigter Anker und Feldspulen von Bahnmotoren. In den Ankern von Bahnmotoren kommen häufig Kurzschlüsse einzelner Windungen innerhalb der Spulen vor, welche möglichst schnell aufgefunden und beseitigt werden müssen, um den Motor vor einer weiter um sich greifenden Zerstörung zu bewahren und eine unnötige Energievergeudung zu verhindern. Ein Mittel, um solche Fehler zu erkennen, bietet allerdings die Messung des Widerstandes der Spulen; doch ist dies ein unzuverlässiger und zeitraubender Weg. Man hat daher für diesen Zweck einen Prüftransformator im Gebrauch, welcher ein sehr schnelles und sicheres Messen ermöglicht. Der in der Figur in seiner Wirksamkeit schematisch dargestellte Apparat ist ein U-förmiger, aus Blechen hergestellter Eisenkern *K*, welcher eine Erregerwicklung *W* trägt. Der Apparat wird zum Gebrauch an einen Flaschenzug gehängt und auf den auf zwei Böcken drehbar gelagerten Motoranker *A* herabgelassen, so daß das Ankereisen den Eisenschluß des Kernes bildet. Wird die Wicklung *W* mit Wechselstrom gespeist, so verbreitet sich der Kraftlinienfluß, wie aus der Figur erkennbar, über einen Teil des Ankereisens und ist daher mit einer oder mehreren Ankerspulen *S* verkettet. In der Ankerspule wird daher eine E. M. K. induziert, welche

indessen, solange die Spule offen ist, keinen Strom entstehen läßt. Befindet sich dagegen in der Spule eine kurz geschlossene Windung, so tritt ein starker Strom auf, welcher sie innerhalb einiger Zeit stark erwärmen und so die fehlerhafte Spule erkennen lassen würde. Um nun aber nicht solange Zeit warten zu müssen, nähert man der außerhalb des Transformators liegenden zweiten Spulenseite ein Stückchen Eisen E und beobachtet, ob es angezogen wird oder nicht. Fließt nämlich in der Spule ein Kurzschlußstrom, so erzeugt die äußere Spulenhälfte ein Magnetfeld, welches das Eisenstück stark anzieht. Bei Untersuchung eines Ankers, welche sehr schnell vor sich geht, bringt man durch Drehung desselben der Reihe nach alle Spulen unter den Transformator und bezeichnet die Spulen, welche eine Anziehung des Eisenstückchens zeigen, durch einen Kreidestrich auf dem Ankerumfang. Da es nicht erforderlich ist, daß der Eisenkern sich dem Ankerumfang genau anpaßt, so braucht man nicht für jede Motortype einen besonderen Apparat zu haben, sondern kann mit einem oder höchstens zwei Apparaten auskommen.

Figur 2. Zur *Messung von Ankerwiderständen*)* bedient man sich gewöhnlich

1. bei Widerstände von ca. 0,1—0,05 ω der indirekten Meßmethode;
2. bei Widerstände bis 0,001 ω der Vergleichsmethode;
3. bei noch kleineren Widerständen der Messung mittels Thompsonscher Doppelbrücke.

Bei der *indirekten Methode*, Figur 2, schickt man aus einer Batterie A einen Strom i von bekannter Größe durch einen Leiter A vom unbekannten Widerstande W und mißt die Spannung E an den Enden des Leiters, so ist der Widerstand $W = \frac{E}{i}$.

In der Figur ist B eine Sicherung, A = Akkumulatorenbatterie, H = Schalter, RW = Regulierwiderstand, J = Ampèremeter für ca. 60 % des Maschinenstromes, E = Voltmelter für ca. 10 % der Maschinenspannung.

Figur 3. Bei der Vergleichsmethode fließt der beliebige Strom i durch die Widerstände RW und N, wobei RW der Regulierwiderstand, N ein Normalwiderstand möglichst gleich groß dem zu messenden Ankerwiderstande ist; der Spannungsabfall in diesen Widerständen wird der Größe ihrer Widerstände proportional sein und daher der Spannungsabfall $v_1 = i \cdot N$, $v_2 = i \cdot RW$, also $v_1 : v_2 = N : RW$ sein. Da N bekannt, so ist der gesuchte Widerstand $RW = N \frac{v_2}{v_1}$ oder = dem bekannten Widerstand multipliziert mit dem Verhältnisse der gemessenen Spannungen.

*) Beschreibung der Meßbrücken s. Tafel 99 u. 100, Fig. 1 u. ff.

Figur 4 schließlich die *Messung mit Doppelbrücke* (Tafel 100, Figur 1) für sehr kleine Widerstände gibt die Zeichnung. Die Erklärung der Doppelbrücke ist in der angegebenen Tafel zu finden.

In der Zeichnung sind A Akkumulatorenbatterie, S Schalter bezw. Druckknopf, A Anker, N bekannter Normalwiderstand, W_{1-4} die Brückenwiderstände, bei denen $W_1 = W_3$ und $W_2 = W_4$ ist, G ein Gasmanometer, mit S Stromtaster.

Bei a und b wird über N die Batterie angelegt; an genau dieselbe Stelle die Drähte der Meßwiderstände W_2 und W_4. Durch Stöpselung der verschiedenen Widerstände ist das Gleichgewicht in den Brückenzweigen herzustellen, daß G nicht mehr ausschlägt. Dann ist der gesuchte Widerstand des Ankers $x = N \frac{W_2}{W_1} = N \frac{W_4}{W_3}$.

Tafel 87.

Figur 1. Von den Systemen des *elektrischen Uhrenbetriebes* sei an dieser Stelle nur dasjenige der „Normalzeit G. m. b. H. Berlin“ erwähnt, weil dieses infolge seiner guten Regulierung in mancher Weise den Vorzug vor anderen Systemen verdient. Außerdem geschieht hier nur die Regulierung alle 4 Stunden auf elektrischem Wege, sodaß selbst bei Schadhaftwerden der elektrischen Leitungen ein Stehenbleiben der Uhr nicht stattfindet, wie dies bei rein elektrisch betriebenen Uhrwerken der Fall ist.

In der Zentralstelle befindet sich eine Hauptuhr, welche durch ein Kabel mit der Uhr der Königlichen Sternwarte in dauernder elektrischer Verbindung steht, und von letzterer bis auf Bruchteile einer Sekunde stets richtig gehalten wird. Die angeschlossenen Nebenuhren 1—7 sind nicht dauernd mit der Leitung der Hauptuhr verbunden, sondern schalten sich nur alle 4 Stunden selbsttätig zu einer bestimmten Zeit durch c F in die Leitung ein, um den Regulierungsstrom zu empfangen.

Alle $3\,^3/_4$ Minuten sendet diese Hauptuhr einen 2 Minuten andauernden elektrischen Strom über c in sämtliche, von ihr ausgehenden Leitungen, um ihn dann wieder für $1\,^3/_4$ Minute zu unterbrechen. Diese Unterbrechung ist, wie erwähnt, bis auf Bruchteile von Sekunden genau, sodaß selbst jede Normal-Uhr, von der man die höchsten Leistungen verlangen kann, durch sie auf diese Genauigkeit reguliert wird.

Die Hauptuhr kann also mit jeder Leitung innerhalb der 4 Stunden in Zwischenräumen von je $3\,^3/_4$ Minuten 64 Uhranlagen regulieren, sodaß bei 20 Leitungen 1280 Anlagen dauernd reguliert werden können.

Diese Kontrolle geschieht auf folgende Weise: wenn die Hauptuhr ihren Strom in die Leitung entsendet, soll sich genau 45 Sekunden später die zu regulierende Nebenuhr einschalten. In diesem Augenblick markiert ein durch

einen Elektromagneten *Em* betätigter Hebel *A* mit seiner Spitze *St* auf einem fortlaufenden Papierstreifen *R* einen Punkt, der an einer bestimmten Stelle des Papierstreifens stehen muß.

Durch Auflegen eines Glas-Maßstabes kann man sehen, ob die Uhr richtig, oder vor oder nach geht, oder ganz fehlt. Es kann also sechs Mal am Tage in der Zentrale jede angeschlossene Uhr auf ihren richtigen Gang geprüft, und falls eine Störung eingetreten ist, dieselbe umgehend beseitigt werden.

Die Regulierung der Uhren geschieht dadurch, daß der Strom zuerst auf einen am Werk angebrachten Aufzugsmechanismus wirkt, welcher nach vollendetem Aufzug selbsttätig von der Uhr auf die Regulierungsvorrichtung geschaltet wird.

Figur 2a, b. In industriellen Betrieben und bei Verkehrsanlagen, im Heer- und im Seewesen treffen wir sehr häufig auf den Fall, daß die Tätigkeit der einzelnen arbeitenden Stellen durch optische Zeichen, die mechanisch oder elektrisch gestellt werden, geleitet wird. Die mechanische Stellung hat sich lange einer überwiegenden Anwendung erfreut, weil sie bei ihrer Einfachheit dem allgemeinen Verständnis am nächsten liegt. Allein diese Art der Bewegung des Signals gestattet nur eine sehr kleine Skala von Zeichen und gibt wegen der Unsicherheit der mechanischen Leitung, zumal wenn dieselbe nicht durchweg geradlinig, sondern mit Winkelstellen geführt ist, zu allerhand Anständen und Störungen Anlaß. Man hat sich deswegen in neuerer Zeit mehr und mehr der elektrischen Signalgebung zugewendet, obwohl man anfänglich wegen der unvermeidlichen größeren Empfindlichkeit und der, wie man annahm, größeren Unsicherheit der elektrischen Einrichtungen Bedenken hegte, den elektrischen Telegraphen für solche Zwecke anzuwenden. Ganz unberechtigt sind diese Bedenken ja auch nicht gewesen, denn manche der Prinzipien, welche man für einen derartigen Zweck angewendet hat, entbehrten der erforderlichen Sicherheit und Einfachheit, und die auf ihnen aufgebauten Konstruktionen entsprachen nicht den an sie gestellten Anforderungen. Alle diese Schwierigkeiten wurden nun neben anderem nachfolgenden durch das Prinzip beseitigt, welches die Firma „Siemens & Halske A.-G." in ihren elektrischen Fernzeigern angewendet hat.

Die Schaltung dieses *Fernmeldeapparates,* dessen Aufgabe darin besteht, daß eine Anzahl Stellungen am Sender mit einer gleichen Anzahl Stellungen am Empfänger derart verbunden sein sollen, daß jeder Stellung am ersteren nur *eine* Stellung am anderen entspricht und daß die Herstellung einer Sonderstellung unbedingt auch die entsprechende Empfängerstellung hervorruft, ganz gleich, ob diese Stellung im Vorwärts- oder Rückwärtsgange erreicht wird, sei im folgenden beschrieben.

Als Geber dient ein Kommutator in der Form eines Kurbel-Kontaktes *Gb I*, dessen Kurbel *H* mit dem einen Pol einer Stromquelle in Verbindung steht und ein beliebiges der 6 Kontaktstücke c_1—c_6 mit der Stromquelle in Verbindung bringt. Der Empfänger *E I* besteht aus 6 Elektromagneten m_1—m_6, deren Wicklungen durch eine gemeinsame Leitung an den zweiten Pol des Netzes geführt werden. Die 6 äußeren Enden der Elektromagnetspulen sind je durch eine Leitung mit je einem Kontaktstück des Gebers verbunden. Wird nun der Geber auf ein Kontaktstück eingestellt, so wird der Strom über die mit diesem Stück verbundene Elektromagnetspule geleitet, sodaß der betreffende Elektromagnet erregt wird. Sobald also die Kurbel, mag sie vorwärts oder rückwärts gehen, ein Kontaktstück erreicht, so wird unweigerlich der zugehörige Elektromagnet erregt.

Im allgemeinen wird nun aber verlangt, daß das Signal nicht nur von der einen zur anderen Stelle, sondern auch von der letzteren zur ersteren gegeben werden könne, z. B., damit der richtige Empfang des Zeichens oder die Ausführung des Auftrages bestätigt werden soll. Zu diesem Berufe werden zwei Anordnungen der beschriebenen Art zusammengelegt, sodaß eine jede derselben für eine der beiden Richtungen dient. Hierbei kann, wie das Schema zeigt, eine Leitung erspart werden, indem die beiden Rückleitungen zusammengelegt werden. In diese Rückleitung werden an beiden Seiten elektrische Klingeln *W W* eingeschaltet, welche bei der Betätigung des Apparates ansprechen und einen doppelten Zweck erfüllen. Die Klingel an der sendenden Stelle zeigt durch ihren Ton an, daß Strom vorhanden ist, der Apparat demnach arbeitet; die Klingel der empfangenden Stelle hingegen zieht durch ihren Ton die Aufmerksamkeit auf den Anzeigeapparat und gibt also ein Signal.

Zu der Ausführung des Empfängers *E* werden nun die 6 Elektromagnetspulen m_1 bis m_6 im Kreise auf einer Grundplatte aufgestellt und mit radialen, nach innen zeigenden Polschuhen ausgerüstet. In dem freibleibenden kleinen Mittelraum dreht sich ein kleiner Anker *A*, ein gleicharmiger Hebel, um eine senkrechte Achse. Die unteren Enden der Elektromagnete sind in gleicher Weise geschaltet und umfassen einen zweiten gleichen Anker, welcher mit dem oberen durch eine Welle verbunden ist (Figur 2*a*). Je zwei diametral gegenüberstehende Elektromagnetspulen *Em* sind derart in Reihe geschaltet, daß sie einander oben und also auch unten entgegengesetzte Pole zukehren. Führen wir nun den Strom durch ein solches Spulenpaar, so entsteht zwischen ihren Polschuhen sowohl oben wie unten ein starkes magnetisches Feld und die drehbaren Anker stellen sich in die Polverbindungslinie ein. Betätigen wir nun unseren Kurbelumschalter, so wird derselbe reihenweis die Spulenpaare erregen und der Anker folgt seiner Bewegung, indem sich derselbe stets für jede Kontaktgebung zwischen die betreffenden Pole stellt.

Auf diese Weise erzielen wir aber nur sechs Stellungen des Ankers, denen also auch nur sechs Signale entsprechen würden. Diese kleine Skala der Signale reicht aber in den meisten Fällen nicht aus, allein wir können dieselbe ohne Änderung des Prinzips erheblich reicher gestalten, ohne die sichere Verbindung zwischen Sender- und Empfängerstellung aufzuheben. Zu diesem Zwecke lassen wir jede Ankerstellung nicht nur einer, sondern mehreren Stellungen auf der Skala (Figur 2*a*), von denen jede einer besonderen Gruppe angehört, entsprechen, so daß also z. B. die Ankerstellung I sowohl der Skalastellung 1 als auch 7, 13, 19 usw. entspricht. Die Stellung 7 erscheint erst dann, wenn der Anker einen vollen Umgang gemacht hat, und nun den neuen Umgang mit 7 beginnt. Dies ist uns dadurch ermöglicht, daß die energische Wirkung des Sechsrollenmotors den Anker zwingt, in seinem Gange der Stromimpulsreihe zu folgen, so daß er dann mit dem 3. Impuls auch den 3. Sprung machen muß und nicht etwa auf Stellung 2 liegen bleiben und beim 3. Impuls auf Stellung 1 zurückfallen kann. Nach diesem Prinzip kann die Skala der Stellungen offenbar beliebig groß gemacht werden; denn einer jeden Stellung entspricht eine bestimmte Gruppe und in der Gruppe eine bestimmte Ankerstellung. So liegt z. B. die Stellung No. 23 in der IV. Gruppe und entspricht der Stellung 5 des Ankers. Der letztere muß also 3 volle Umdrehungen machen und alsdann auf Stellung 5 gehen. Man erkennt hieraus auch sofort, daß die Zeigerstellung unzweideutig kenntlich gemacht werden kann; denn da die Skala allerhöchstens 360° einnehmen darf, der Anker aber mehrmals eine volle Kreisdrehung durchlaufen wird, um eine bestimmte Zeigerstellung zu bewirken, so muß die Ankerbewegung in ihrer Übertragnng auf den Zeiger reduziert werden. Hierfür wurde die Übertragung mit Schnecke und Trieb gewählt, wie dies Figur 2*a* erkennen läßt. Auf der Ankerwelle *W* sitzt eine Schnecke *Sch*, welche in ein Zahnrad eingreift; der Stellungszeiger *Z* ist auf die verlängerte Achse dieses Zahnrades gesetzt worden. Die Schneckenübertragung hat sich bei diesem Apparate, dessen Motor eine genügende Kraftleistung hat, gut bewährt; sie ermöglicht eine genaue Einstellung des Zeigers und verhindert das Pendeln desselben, sodaß auch bei schnellster Betätigung eine sofortige feste Einstellung erfolgt.

Wie nun beim Empfänger jeder Sprung des Zeigers um sechs Stellungen einen vollen Umlauf des Ankers bedingt, so würde auch das Vorrücken des Stellhebels um sechs Stellungen einen vollen Umlauf des Kommutators erfordern. Der letztere müßte deshalb in analoger Weise durch eine Übertragung mit dem Stellhebel verbunden sein, in welcher die Bewegung des letzteren entsprechend vergrößert wird (Figur 2*b*).

Aus dieser Anordnung des Gebers wird man erkennen, daß jeder Verrückung des Stellhebels um eine Anzahl Stellungen auch eine Verrückung

des Zeigers um die gleiche Anzahl Stellungen und zwar *im Vorwärts- und Rückwärtsgange* entsprechen wird. Sind also Hebel und Zeiger einmal in Gleichstellung gebracht, so bleiben sie auch bei den Bewegungen in dieser Übereinstimmung. Die Übereinstimmung der Apparate könnte nun aber dadurch aufgehoben werden, daß der Sender bei Stromlosigkeit verstellt wird; in diesem Falle folgt der Empfänger-Apparat der Veränderung nicht und beide Apparate sind, wenn der Strom wieder eintritt, nicht mehr in Gleichstellung. Dieser Übelstand ist jedoch durch die nachstehende Einrichtung vollkommen unschädlich gemacht. Das Schaltwerk Figur $2a$ trägt an der Triebachse von Z ein Kreissegment, welches sich in den beiden Grenzlagen des Zeigers an einen Stift t der Ankerachse W anlegt und eine weitere Umdrehung des Ankers verhindert. Man braucht daher nur einmal bei der Inbetriebnahme der Apparate die Hebel in beide Grenzlagen zu legen und jeder Einstellhebel ist, wenn nicht in der einen so in der anderen Grenzlage des Zeigers mit diesem in Übereinstimmung gekommen*).

Tafel 88.

Figur 1. Die *Fernmeldeapparate der „A. E.-G. Berlin“* werden unter Anwendung einer dem Drehstrom bezw. Mehrphasenstrom eigentümlichen Stromschaltung gebaut, bei der sich mit dem Hebel h des Gebers ein Magnetfeld im Empfänger genau synchron dreht, also ein vollkommenes Drehfeld entsteht. Zur Erläuterung des Prinzips diene die Schaltung. Die in dieser gezeichneten Drehfeldzeiger, deren Grundgedanke von Prof. Dr. Weber, Kiel herrührt, bestehen aus Geber und Empfänger. Der Geber besitzt eine in sich geschlossene Widerstandsspule W, der an zwei gegenüberliegenden Punkten $+$ und $-$ mittels des drehbaren Hebels h Strom zugeführt wird. An drei um 120° versetzten Stellen wird dieser Strom von der Spule W abgenommen und durch $l\ l\ l$ dem Empfänger zugeführt. Letzterer besteht aus 3 Magnetspulen, in deren magnetischem Felde sich ein Magnet dreht. Wird über den Geber und den Hebel h Strom geleitet, so verteilt er sich in der Widerstandsspule W und durch die Leitungen l zum Empfänger sowie in dessen Spulen derartig, daß hier ein magnetisches Feld erzeugt wird, dessen Richtung der Stellung des Geberhebels entspricht. Dies können wir an Hand der Schaltungen I—VI genau verfolgen.

Aus dem Prinzip ersehen wir auch, daß Spannungsänderungen ohne Einfluß auf die Wirkung des Apparates bleiben.

Nach der Leitung dieses Prinzips wollen wir uns in

*) Der obigem ähnliche ältere Fernmeldeapparat der *„E. A.-G. v. Schuckert, Nürnberg“*, ist in Bd. I, Abschnitt VIII unter „Schiffsanlagen“ beschrieben; desgl. der Apparat der *„Union E.-G.“* Berlin.

Figur 2 die neueste *praktische Ausführung dieses Fernmeldeapparates* der „A. E.-G." weiter betrachten.

Der Vorteil dieser Apparate ist

1. Das Arbeiten derselben ohne jede Übersetzung, wobei trotzdem bis 360 Stellungen erreicht werden können.
2. Geringe Leitungszahl (7).
3. Genaues Funktionieren und sofortige Einstellung des Zeigers auch nach eventueller vorheriger Stromunterbrechung.
4. Vereinigung von Geber und Empfänger in einem Apparat.

Bei diesen neuen Apparaten wird die Geberspule nicht mehr wie früher als gleichmäßiger Widerstand ausgeführt, sondern erhält einen Widerstand *Wi* von ungleicher Größe; bestimmend hierfür war, daß bei einem Widerstand gleicher Größe die in den Leitungen auftretenden Ströme keine gleichmäßig verlaufenden, sondern gebrochene Kurven bildeten, wodurch die Genauigkeit der Zeigerstellung sehr leidet. Die Stromzuführung geschieht auch entgegen Figur 1 nicht durch den Hebel, sondern an den Spulen bei + und —, während der hier dreiarmige Hebel mit Arm 1, 2, 3 über die Schleifkontakte $S_{1,2,3}$ den Strom vom Geber G_1 zum Empfänger E_1 und dort durch die Spulen c_1, c_2, c_3 leitet, hierdurch den Anker *A* eines Elektromagneten mit Zeiger beeinflussend.

Aus dem Schema ist ersichtlich, daß entsprechend der Hebelstellung von G_1 sich der Zeiger des Empfängers von E_1 sofort in seine entsprechende Lage einstellen muß. Die Apparate bedürfen daher, wie erwähnt, keiner besonderen Einstellung, sondern sind stets betriebsfertig. Zur Vermeidung des Pendelns sind nun folgende Vorkehrungen getroffen worden.

Der drehbare Anker *A* des Empfängers besteht nicht aus einem Dauermagneten, sondern einem Elektromagneten, dessen Konstruktion Figur 2*a* im Schnitt zeigt. Die den Magnetismus hervorrufenden Spulen *Sp* sind feststehend angeordnet, während sich der Anker mit den durch ein Messingzwischenstück in der Welle *a* voneinander getrennten Polschuhen *NS* dreht und hierdurch den Zeiger *Z* stellt. Da die Stromrichtung in den Spulen *Sp* immer dieselbe bleibt, werden in den beiden an der Welle *a* sitzenden Polschuhen auch stets gleiche Pole erzeugt werden, die dann von dem Elektromagneten *SSN* (Figur 2*b*) entsprechend eingestellt werden. Durch diese sinnreiche Anordnung sind alle einer Störung unterworfenen Kontakte und Schleiffedern vermieden worden. Ein Glockenmagnet erhöht die Dämpfung noch weiter. Die Anordnung einer kompletten Geber- und Empfängerstation ergibt sich aus der Zeichnung Figur 2. Hierin bedeuten: *W* Widerstände zur Verminderung der Netzspannung auf Betriebsspannung, *Gl* Glühlampen, welche zur Transparent-Beleuchtung des Apparates dienen, W_1 W_2 Wecker, welche bei Einstellung des Hebels ertönen und einmal der Empfangsstation

die Ankunft eines Signals melden, anderseits der Geberstation anzeigen, daß die Apparate funktionieren. Als Stromschlüssel dienen die Taster *T*. Die übrigen Bezeichnungen haben bei der Erklärung des Apparates bereits Erwähnung gefunden.

Tafel 89.

Das Stromverlaufschema zu einem *Steuertelegraph mit Ruderlageanzeiger*, System E.-A.-G. vorm. Schuckert & Co., zeigt uns die vorliegende Zeichnung*).

Die Zeichenübertragung geschieht hier in der Weise, daß ein größerer Elektromagnet in Rotation versetzt wird und zwar durch umlaufende Erregung seiner Feldmagnete mittels entsprechender Umschaltung der Zuleitungen durch den Geberhebel.

Es liegt in der Eigenart dieses Systems, daß die Zahl der möglichen Kommandos eine entsprechende Zahl Polpaare mit zugehörigen Zuleitungen erfordert. Bei Apparaten für wenige Kommandos kann der über die Skale gleitende Zeiger direkt auf die Welle des Elektromagneten gesteckt werden und stellt sich naturgemäß entsprechend den erregten Polpaaren ein. So können mittels eines Apparates mit vier Polpaaren und $4 \cdot 2 + 2$ oder 10 Leitungen unter Benutzung der Zwischenstellungen d. h. der gleichzeitigen Erregung benachbarter Polpaare acht verschiedene Kommandos sicher übertragen werden.

Die Stromentnahme erfolgt aus der allgemeinen Lichtleitung und der Widerstand eines jeden Stromkreises ist durch Zufügen entsprechender Vorschaltwiderstände so bemessen, daß die Stromstärke bei normaler Spannung in der Lichtleitung 0,5 Amp. beträgt. Die Stromkreise bleiben beständig geschlossen, sodaß der Anker stets arretiert ist.

Es ist leicht ersichtlich, daß der schwache Punkt dieser Anordnung in der großen Anzahl der erforderlichen Zuleitungen liegt, zumal wenn man berücksichtigt, daß über jedes abgegebene Kommando eine Rückantwort oder Quittung mittels eines eben solchen Apparates verlangt wird, somit ein Geber und ein Empfänger sich auf jeder Station befinden müssen. Um daher eine größere Anzahl verschiedener Kommandos zu ermöglichen, ohne anderseits die Zahl der Zuleitungen ins ungeheuerliche zu vermehren, griff man zu einer Zahnradübersetzung von der Ankerwelle aus. Bei sehr rascher Bedienung des Senderhebels sind hierbei Störungen dadurch nicht ausgeschlossen, daß der Anker nicht schnell genug angeht und anhält und somit das Zeigerwerk falsch einstellt. Für Rudertelegraphen bezw. Ruderlagezeiger aber sind Störungen aus dieser Ursache weniger zu befürchten und hat sich hierfür das System besonders geeignet erwiesen.

*) Näheres über Schiffstelegraphen s. Rödder: Die elektrotechnischen Einrichtungen moderner Schiffe.

Nach den vorherigen Ausführungen und denen in Bd. I lassen sich also die neueren Schiffstelegraphen entsprechend den zur Anwendung kommenden Prinzipien unterscheiden als:

a) Drehfeldfernzeigersystem (A. E.-G.),
b) System der Sechsrollenmotore (S. & H. bezw. Siemens-Schuckertwerke),
c) System der Spannungsmesser (Union, E.-A.),
d) System der Motorzeiger (Schuckert).

Tafel 90.

Figur 1. Überall dort, wo sich große Kraftmaschinen bewegen, ist es oft erforderlich, die Geschwindigkeit dieser Maschinen auch an entfernten Orten übersehen zu können. Dies trifft z. B. zu bei großen industriellen Betrieben, elektrischen Zentralen, Schiffen, Lokomotiven, Bergwerksmaschinen und vielen anderen mehr.

Für alle diese Zwecke ist eine mechanische Übertragung meistens gar nicht oder nur sehr schwer durchführbar, zumal wenn die Ablesung an einem entfernten Orte, oft sogar an mehreren Stellen zu gleicher Zeit erfolgen soll, wie z. B. auf Schiffen, wo die Umdrehungen der Schiffswelle im Kommandoturm, auf der Kommandobrücke, in den Maschinenräumen usw. angezeigt werden sollen.

Durch den nachfolgend beschriebenen Apparat wird der vorliegende Zweck in einfacher und sicherer Weise erreicht.

Der *Umdrehungs-Fernzeiger der Firma „S. & H.“ besteht aus Geber und Empfänger*.

Der Geber *G* ist eine kleine Wechselstrommaschine, welche mit der Achse, deren Umdrehungszahl gemessen werden soll, gekuppelt ist und durch Gleichstrom, der an den Klemmen 4 und 5 zufließt, erregt wird. Die Konstruktion ist so ausgeführt, daß alle stromführenden Teile, die Erregerwicklung, sowie die Spulen, in denen der Wechselstrom induziert wird, — Stator — feststehen, wogegen der einzig sich drehende Teil aus an der Peripherie eines Rades angebrachten unterteilten Eisenblöckchen — Rotor — gebildet wird.

Da bei dieser Anordnung Bürsten, Schleifringe bezw. Kollektoren nicht verwendet werden, besitzt der Apparat den großen Vorzug, daß jede Betriebskontrolle, Wartung usw. fortfällt.

Die Achse des Rotors wird mittels einer Kette, Spiralschuur oder dergl. von der Welle angetrieben, deren Geschwindigkeit gemessen werden soll.

Durch Bewegung des Rotors wird im Stator ein Wechselstrom erzeugt, dessen Spannung von der Tourenzahl der Maschine abhängig ist. Diese

Spannung wird durch 2 Leitungen über die Klemmen 1 und 2 auf den Empfänger *E* übertragen, dessen Zeiger einen entsprechenden Ausschlag angibt.

Der Empfänger ist ein Spannungszeiger für Wechselstrom und besteht im wesentlichen aus einem aus dünnen Blechen hergestellten Eisenring *B*, welcher mit vier radial nach innen gerichteten Polansätzen versehen ist. Auf diese Polansätze sind Spulen mit hoher Windungszahl *e*, *e* und e^1, e^1 gesteckt.

In der Mitte des Eisenringes befindet sich ein ebenfalls aus geblättertem Material hergestellter Eisenkern, der jedoch von den Polansätzen einen solchen Abstand hat, daß eine über den Kern gestülpte Aluminiumtrommel zwischen Kern und Polansätzen sich frei drehen kann. Die Trommel wird von einer Achse getragen, auf welcher auch der Zeiger sitzt, sodaß dieser jede Drehung der Trommel anzeigt. Die rücktreibende Kraft des Zeigers wird durch zwei Spiralfedern gebildet, welche, um Temperatureinflüsse auszugleichen, entgegengesetzt gewunden sind.

Je ein Anfang und Ende der gegenüberliegenden Spulen sind verbunden; es entstehen so zwei Spulenpaare, von denen je ein Ende an der gemeinschaftlichen Klemme 1 liegt, während das andere Ende des ersten Spulenpaares an eine Drosselspule *D* und das des zweiten Paares an einen induktionsfreien Widerstand *W* geführt ist. Drosselspule *D* und induktionsfreier Widerstand *W* sind durch einen Vorschaltwiderstand W^1 mit der Klemme 2 verbunden.

Wird nun der Rotor in Umdrehung versetzt, so werden die beiden Spulenpaare *e*, *e* und e^1, e^1 von Wechselströmen durchflossen, deren Phasen infolge der vorgeschalteten Drosselspule bezw. des induktionsfreien Widerstandes nicht übereinstimmen. Hierdurch entsteht im Eisenkörper ein Drehfeld, welches die Aluminiumtrommel zu drehen sucht. Diesem Drehmoment wirken die zwei Spiralfedern entgegen, sodaß der Zeiger hierdurch nur um einen gewissen Winkel von der Ruhelage abgelenkt wird. Durch Dämpfung ist erreicht, daß sich der Zeiger augenblicklich fest einstellt. Die Dämpfung besteht darin, daß zwei kräftige Magnete auf das obere Ende der Aluminiumtrommel wirken. Wird die Trommel in Bewegung gesetzt, so entstehen infolge der magnetischen Induktion Wirbelströme in ihr; hierdurch wird die Einstellung des Zeigers eine aperiodische.

Ändert sich die Umdrehungszahl der Achse der Maschine, so ändert sich auch die erregte Spannung im Geber und infolgedessen der Zeigerausschlag am Empfänger. Da bei einer bestimmten Erregung des Gebers der Zeigerausschlag des Empfängers nur von der Geschwindigkeit des Geber-Rotors bezw. der Welle, welche denselben antreibt, abhängig ist, so wird die Skala am Empfänger so eingerichtet, daß die Angaben je nach dem Zweck des Apparates Umdrehungen pro Minute, Kilometer pro Stunde oder Meter pro Sekunde usw. darstellen.

Die Drehrichtung der Maschinen ist, wie ohne weiteres aus dem Prinzip ersichtlich, vollständig gleichgültig; in besonderen Fällen, z. B. auf Schiffen, ist es aber nötig, daß auch diese Richtung besonders angezeigt wird. Zu diesem Zweck kann mit dem Rotor des Gebers ein selbsttätiger Um- bezw. Einschalter verbunden werden, welcher beim Rückwärtslauf der Maschine einen besonderen Kontakt schließt, wodurch im Empfänger-Apparat ein Fahrtrichtungsanzeiger betätigt wird.

Figur 2. Bei dem *Geschwindigkeits- und Drehrichtungsanzeiger* von der E.-A.-G. v. Schuckert (jetzt Siemens-Schuckert Werke) wird ein Kontaktapparat von der Maschinenwelle aus durch Gelenkkette angetrieben. Die Achse desselben trägt einen Stromverteiler und eine Anzahl Schleifringe, an die ebensoviele Fernleitungen anschließen, durch welche der Strom in bestimmter Reihenfolge nach dem Empfänger gesandt wird, sodaß sich die Trommel des darin enthaltenen Elektromotors vollkommen zwangläufig mit der Maschinenwelle dreht. Mit der Trommelwelle steht ein Zeiger in Verbindung, welcher die Drehrichtung der Maschine angibt. Gleichzeitig wird mit der Trommelwelle ein Geschwindigkeitsmesser angetrieben. Durch Zählung der Umdrehungen des Drehrichtungsanzeigers nach der Uhr kann man noch die Angabe des Tachometers auf Genauigkeit prüfen.

Tafel 91.

Figur 1. Für die Verbrauchsmessung von elektrischer Energie gebraucht man jetzt allgemein den *Wattstundenzähler*, nachdem der Ampèrestundenzähler infolge des ihm anhaftenden Nachteils, bei schwankender Spannung entweder zugunsten des Konsumenten oder zugunsten des Stromlieferanten zu registrieren, fast gänzlich beiseite gestellt wurde. Der Wattstundenzähler wird in verschiedenen Ausführungen gebaut und zwar:

1. als oszillierender Zähler auf dem Motor-Prinzip,
2. als Motorzähler,
3. als Uhrwerkzähler, deren Gang durch den Strom beeinflußt wird, schließlich
4. als elektrolytische oder thermische Messer, die jedoch in der Praxis ungebräuchlich sind.

Es sei hier auch noch auf die Zeitzähler hingewiesen, welche dazu dienen, die Dauer des Stromdurchganges zu messen, und aus einer einfachen Vorrichtung zum Auslösen eines Uhrwerkes bei Stromschluß bestehen. Dieselben kommen jedoch nur in Betracht, wenn der Energieverbrauch immer derselbe bleibt, beziehungsweise der Stromtarif nach der monatlichen Benutzungsdauer in Stunden (z. B. eines Motors) berechnet wird.

Bevor wir nun zur genauen Beschreibung der einzelnen Zählerschaltungen schreiten, sollen noch die Punkte kurz Erwähnung finden, welche allgemein für die Montage der Zähler von Wichtigkeit sind, nämlich:

„Die Zähler müssen genau lotrecht und fest aufgehängt werden, der Ort der Aufhängung darf nicht feucht oder Erschütterungen ausgesetzt sein, auf richtigen Anschluß der Apparate ist genau zu achten.“

Der *oszillierende Wattstundenzähler* der „A. E.-G. Berlin“ hat wie alle Gleichstrommotorzähler das Prinzip, daß die Umdrehungen einer Nebenschlußspule S, welche der Wirkung des Hauptstromes, der die Spulen Hs durchfließt, ausgesetzt ist mit einer der gemeinsamen Wirkung proportionalen Geschwindigkeit rotiert, gemessen und fortlaufend summiert werden. Dieses Prinzip ist insofern abgeändert worden, daß die Nebenschlußspule S nicht dauernd nach einer Richtung rotiert, sondern zwischen zwei gegebenen Stellungen k_1 k_2 hin- und herschwingt. Der Vorteil dieser Anordnung liegt in der Vermeidung aller Schleifkontakte und der der Abnutzung unterworfenen Bürsten und Kollektoren.

Die Nebenschlußspule S, welche um die Achse drehbar ist, besteht aus zwei gleichen jedoch einander entgegengesetzt geführten Wicklungen; zwei Kontaktarme f_1 f_2 begrenzen durch Auftreffen auf die Kontaktstifte k_1 k_2 die Bewegung. Nehmen wir jetzt an, der Zähler hätte einen Kontaktstift getroffen, so erklärt sich der Übergang von der Rotation zur Oszillation auf folgende Weise. Aus dem Schema ersehen wir, daß immer nur eine Wicklung der Spule S infolge der Wirkung des Relais R in Tätigkeit ist, und zwar je nachdem C_1 oder C_2 den Anker a angezogen und somit Kontakt K_1 oder K_2 geschlossen hat. Die Einstellung bezw. Umschaltung des Relais R wird aber durch das Auftreffen von k_1 auf f_1 bezw. k_2 auf f_2 bewirkt. Auf diese Weise wird die vor dem Auftreffen in Wirkung gewesene Spule kurzgeschlossen. Ein einmaliger Hin- und Rückgang der Spule gestaltet sich folgendermaßen.

Die Spule S setzt sich in Bewegung und f_1 schlägt auf Kontakt k_1 — im Relais ist von der vorhergehenden Wirkung Kontakt k_2 geschlossen —, so wird C_1 und rechte Wicklung von S kurzgeschlossen. Verläßt jetzt der Kontakt f_1 k_1, so wird C_1 wieder eingeschaltet, während die rechte Wicklung noch kurzgeschlossen bleibt, bis f_2 k_2 berührt. Jetzt tritt die rechte Wicklung in Tätigkeit, das Relais schaltet um, sodaß K_1 von C_1 geschlossen wird, da C_2 kurzgeschlossen; die linke Wicklung von S ist jetzt kurzgeschlossen. Hierauf wird nach dem durch die Umschaltung von S rückwärtigen Verlassen von f_2 von k_2 Relaisspule C_2 wieder eingeschaltet, um beim Auftreffen von f_1 auf k_1 das Relais wieder umzuschalten, da C_1 dann wieder kurzgeschlossen wird.

Das Relais *R* hat ferner noch den Zweck, ein Zählwerk *Z* in Bewegung zu setzen, welches auch durch den Hebel *h* betätigt wird und — wie zum Teil schon beschrieben — aus den Elektromagneten C_1 C_2 und dem Anker *a* besteht. Dieser Anker *a* ist in Wirklichkeit zweiteilig, d. h. aus zwei getrennten Ankern gebildet. W_1 W_2 sind Vorschaltwiderstände zur Vermeidung der Funkenbildung, *MM* Dauermagnete, welche auf eine auf der Achse von *S* befestigte Metallplatte *D* (Dämpfer) dämpfend wirken und die Bewegung regulieren bezw. die Spule *S* sofort nach Stromunterbrechung zum Stillstand bringen. Den Anschluß des Zählers an die Hauptleitung zeigt das Schema.

Figur 2. Es ist häufig wünschenswert, daß man bei Anlagen mit Akkumulatorenbatterien einmal durch Messen der hineingeladenen und herausgehenden Energie den Wirkungsgrad der Batterie feststellen kann, dann aber auch wissen möchte, wie viel aufgeladene Energie die Batterie jeweilig noch besitzt.

Um dies festzustellen, läßt sich der vorerwähnte *Zähler* der „A.-E.-G.“ *mit einem Differentialrelais DR* versehen, welches aus einer Kombination zweier gewöhnlichen Relais besteht und so eingerichtet ist, daß das eine derselben nur während der Ladung, das andere nur während der Entladung arbeitet. Dies wird erreicht durch die Vermittlung eines Umschalters *UH*, welcher bei Ladung (*L* des Stromrichtungszeigers *Str*) der Batterie *B, UH* durch Spiralfeder *f* in der gezeichneten Stellung gehalten wird. Bei Entladung *E* jedoch wird Kontakt *k* durch den Zeiger von *Str* geschlossen, und ein Stromkreis über Elektromagnet *m* geschlossen. *m* zieht Anker *a* an und *UH* wird umgeschaltet und dadurch das zweite Relais in Tätigkeit gesetzt. Die Verbindung zwischen Dynamo, Batterie und Zähler zeigt die Figur. Bei *E* wird die Entladung, bei *L* die Ladung in Kilowattstunden markiert. Ferner zeigt ein Zeiger die in der Batterie noch vorhandenen Kilowattstunden auf einer Skala an.

Figur 3. Ein Wattstunden-*Motorzähler* ist der früher von der Firma „E.-A.-G. v. Schuckert & Co.“ jetzt Siemens-Schuckertwerken gebaute *Gleichstromzähler nach* dem System *„Hummel“* (für Zweileiter).

Der Hauptstrom durchfließt die Spulen *HS*, zu denen noch zur Ausgleichung der magnetischen Felder dünne Nebenschlußspulen *NS* angeordnet sind; auf der Welle *W* sitzt der eisenfreie Anker *a*, dessen Ankerdrähte in einen siebenteiligen Kollektor *C* enden. *BB* sind Stromabnehmerbürsten. Vor den Anker *a* ist ein hoher Widerstand vorgeschaltet, dessen Windungen zur Magnetisierung des Magneten *M* dienen, der seinerseits auf die auf der Welle *W* sitzende, als Dämpfer dienende Kupferscheibe *D* hemmend einwirkt. Mittels Schnecke und Schneckenrad wird das Zählwerk *z* betätigt. Den Anschluß ergibt die Zeichnung.

Figur 4. Ebenfalls nach dem Motorsystem baute die „Union E.-G." ihre *Wattzähler für Gleich- und Wechselstrom nach Elihu Thomson.*

Auf einer vertikalen Achse *W* befindet sich eine Trommel *A*. Über der Trommel befindet sich der Kollektor *C*, der aus einzelnen Silberstäbchen zusammengesetzt ist. Auf den Silberstäbchen schleifen zwei Bürsten *BB*. Der Druck, mit dem diese auf dem Kollektor schleifen sollen, wird derart justiert, daß die Bürsten einerseits bei der größten Geschwindigkeit der Zähleracbse, d. h. bei der größten Belastung des Apparates, nicht feuern, während sie anderseits bei geringer Belastung des Zählers keine großen Reibungsverluste erzeugen. Die auf dem Kollektor aufliegenden freien Enden der Bürsten sind mit Silberstäbchen armiert, weil Silber das einzige Metall ist, dessen Oxyd eine Leitungsfähigkeit von annähernd demselben Werte besitzt wie das reine Metall.

Die Feldspulen, welche eine Wicklung *HS* von starkem Draht besitzen, sind in Serie mit dem Hauptstrom geschaltet, während die Trommelwicklung *A* der Armatur aus dünnem Draht mit einem vorgeschalteten Widerstand *Ns*, *Wi* ausgeführt ist und im Nebenschlusse liegt. Dieser hohe Widerstand *Wi* hat den Zweck, den Energieverbrauch des Ankers zu reduzieren und die Funkenbildung zu vermeiden. Ferner wird der scheinbare Widerstand dem wirklichen genähert und der Apparat unabhängiger von der Polwechselzahl bei Wechselstrom. Auf der Motorachse befindet sich eine Kupferscheibe *D*, welche bei der Drehung des Ankers mitgenommen wird und sich hierbei in einem konstanten magnetischen Felde von Stahlmagneten *m* bewegt. In den oberen Teil der Drehungsachse ist eine Schraube ohne Ende eingeschnitten, welche in ein Räderwerk *Z* des Zifferblattes eingreift. Aus der Konstruktion des Apparates ergibt sich: die im Motor erzeugte Energie ist proportional der Stromstärke *J*, der Spannung *E* und der erzeugten Geschwindigkeit *v*. Die Energie des Motors wird verbraucht durch die Bewegung der Kupferscheibe in einem magnetischen Felde.

Der Zähler System Thomson ist also ein Wattstundenzähler, welcher in seinen Angaben der Stromstärke und der Stromspannung Rechnung trägt und sowohl *für Gleichstrom, als auch für Wechselstrom* verwendet werden kann. Derselbe Apparat kann ohne Änderung in Leitungen für Gleichstrom oder in Leitungen für Wechselstrom eingeschaltet werden. Er besitzt den Vorzug, daß seine Angaben bei Wechselstrom unabhängig von der Anzahl der Polwechsel sind.

Die Schaltskizze zeigt einen Zweileiterzähler, wo der von der Stromquelle kommende Draht in die links befindliche Klemme *D* geführt und auf der anderen Seite *L* wieder herausgeführt wird. Vom zweiten Draht wird ein Nebenschluß *N* nach dem Zähler abgezweigt.

Tafel 92.

Figur 1 bis 4 zeigen einen zuletzt von der „Union E.-G.“ ausgeführten *Gleichstrom Kilowattstundenzähler für kleinere Leitungen*)*.

Die Zähler bestehen aus einem eisenfreien Motor *T*, dessen Arbeitsleistung durch eine magnetische Bremse *M* verbraucht wird (Fig. 1 u. 2).

Die Luft- und Lagerreibung wird durch eine in den Ankerstromkreis eingeschaltete Hilfsspule *H*, Fig. 1, welche zur Verstärkung der Feldmagnete dient, ausgeglichen, indem diese Spule so bemessen und auf eine solche Entfernung vom Anker eingestellt wird, daß der Zähler bei 10 % Belastung für gleichen Verbrauch dieselben Angaben wie bei Vollbelastung macht. Damit die Zähler nun durch das von der Hilfsspule bewirkte zusätzliche Drehmoment keinen Leerlauf erhalten, ist an dem Umfange der Bremsscheibe ein sogenannter Bremshaken angebracht. Dieser besteht aus einem kleinen Eisenstückchen, welches an dem freien Ende eines dünnen Messingstreifchens von 25 mm Länge befestigt ist. Das Eisenstückchen wird bei der Eichung soweit an die Bremsmagnete herangebogen, daß der Zähler auch bei erhöhter Netzspannung keinen Leerlauf zeigt, dagegen bei 1,5 bis 2 % der Vollbelastung noch anläuft.

Die Hauptspulen sind in den Fig. 1, 2 durch den Buchstaben *F*, 3 und 4 durch *H* bezeichnet. Es ist nur auf der rechten Seite des Ankers eine Hauptspule vorhanden; sie ist bei den Dreileiterzählern dieser Form aber aus einer inneren und einer äußeren Abteilung zusammengesetzt (Fig. 4). Die Drahtstärken und Windungszahlen der Hauptspulen bei den verschiedenen Größenstufen werden dementsprechend ausgeführt.

Auf eine achtseitige Trommelspule *T* aus starkem Karton sind 8 Stränge mit Seide isolierten Kupferdrahtes gewickelt. Die Enden sind nach Art der Trommelwicklung miteinander und mit den 8 Stäben des Kollektors verbunden. Diese sowie die auf ihnen schleifenden dreiteiligen Kontaktfedern bestehen aus Silber. Die Hilfsspule *H* und der Vorschaltwiderstand *W* bilden in Hintereinanderschaltung mit dem Anker den Nebenschlußkreis. Die Übertragungen der Umlaufzahl des Ankers erfolgt durch Schnecke auf ein Zählwerk.

Den Anschluß der Zähler an ein Leitungsnetz für Zwei- und Dreileiter zeigen die Figuren 3 und 4.

Tafel 93.

Figur 1. Das Schema eines *Thomsonzählers* der Tafel 91, Figur 4 beschriebenen Art *für Dreileiteranlagen* weicht nur ein geringes von der Zweileiter-Konstruktion ab, und zwar in der Teilung der Hauptstromspulen *Hs*, durch welche jetzt der Strom der beiden Außenleiter fließt. Die Bezeich-

*) Laut Mitteilung der Physikal. Techn. Reichsanstalt.

nungen sind entsprechend der früheren Figur gewählt und bedeutet: *Sch* Schnecke, *Z* Zählwerk, *C* Kollektor, *B* Bürsten, *Hs* Hauptstromspule, *Ns* Nebenschlußspule, *Wi* Vorschaltwiderstand, *W* Welle, *M* Magnete, *D* Dämpferscheibe, *A* Anker; bei der Dynamo *D* ist *Spt* ein Spannungsteiler (s. Bd. I).

Figur 2. Wir kommen jetzt zu dem dritten der gebräuchlichsten Zählersysteme, dem Uhrzähler, welches von Prof. Dr. H. Aron eingeführt wurde und auf der Änderung der Schwingungsdauer eines vom Strome beeinflußten Pendels beruht. Die neueste Ausführung dieses Systems, der *Wattstunden-Umschaltzähler mit elektrischem Aufzug*, sei in nachstehendem unter Anlehnung an die Ausführung des Prof. Dr. H. Aron (E.T.Z. 1897, Heft 26) näher beschrieben.

Die alten Apparate, welche nach der Einführung obiger neuen Zähler bei neuen Anlagen kaum mehr Verwendung finden dürften und auch nur noch auf besonderen Wunsch gebaut werden, hatten den Nachteil, daß sie reguliert und in bestimmten Zeiträumen aufgezogen werden mußten. Der Stromverbrauch wurde durch die Differentialwirkung zweier Uhrwerke, die bei Stromlosigkeit völlig gleichmäßig arbeiteten, gemessen, indem die Bewegung des einen mit einer Nebenschluß- oder Spannungsspule versehenen Pendels durch die Beeinflussung einer vom Hauptstrome durchflossenen Spule gehemmt und durch das Differentialwerk gemessen wurde.

Die Zähler neuester Konstruktion haben dagegen die Vorzüge, daß sie elektrisch aufgezogen werden, von selbst angehen und nicht zu regulieren sind, weil sie auch unreguliert richtig zeigen, da sie eine Vorkehrung haben, durch welche die Fehler des Ganges gegeneinander ausgeglichen werden.

Das neuere Werk ist nun wie teilweise erwähnt so konstruiert, daß zwei Uhrwerke mit Steigrad *ii* und Pendel *pp* auf ein drittes, das Differentialwerk arbeiten, welches die Differenz der Schwingungen der Pendel *P* mißt. Für beide Uhrwerke besteht nur ein Aufzug, sodaß außer dem messenden Differentialwerk noch ein zweites notwendig wird, welches dazu dient, die Kraftwirkung des Aufzuges auf beide Uhrwerke zu übertragen.

Die Vorrichtung, den Gangfehler selbsttätig zu eliminieren, sodaß der Zähler auch ohne genaue Regulierung richtig mißt, besteht in dem Umschaltwerk *U*, welches in Abständen von ca. 20 zu 20 Minuten die Drehrichtung des Uhrwerks sowie die Stromrichtung in *ss* abwechselnd umkehrt. Es wird daher der Zähler den Stromverbrauch in einem Sinne fortlaufend registrieren, während der Gangfehler infolge der Umschaltung gehoben ist.

Von einer genauen Beschreibung des inneren Werkes muß hier leider abgesehen werden und soll nur der in Figur 2a und 2b abgebildete Aufzug Erwähnung finden. Er besteht in seiner Hauptsache aus einem hufeisenförmigen Elektromagneten *a*, zwischen dessen ausgedrehten Polen der Anker *b*

um die Achse *c* frei schwingen kann; *m*, *h* sind Sperräder, *d*, *f* Sperrkegel, die ineinander wirken, *g* eine Feder, die in einer Ausdrehung des Ankers *b* sitzt und so zwischen dem drehbaren Anker und der festen Achse befestigt ist, daß sie auf den Anker eine entsprechende Drehung ausübt. Ein gekröpftes Winkelstück *x*, das am Anker sitzt, trägt einen Kontaktstift *y*, der seinerseits in eine Gabel *e* eingreift, sodaß letztere bei Drehung des Ankers *b* über die ihr durch eine Spiralfeder *m* gegebene Gleichgewichts-Lage vorgedreht wird und überkippt; *l* ist eine Kontaktfeder, *k* eine isolierte Anschlagfeder. In der abgelaufenden Stellung des Aufzuges, wie Figur zeigt, berührt *l* Stift *y* und der Strom über Magnetspule *q* wird geschlossen, wodurch *a* magnetisch wird, Anker *b* anzieht, der mit *y* Gabel *e* mitnimmt und zum Überkippen bringt, wodurch der Strom unterbrochen und *k* an *g* anschlagen wird. Jetzt wirkt die Feder *g* auf den Anker in umgekehrtem Sinne, wobei der Anker durch die erwähnte Sperrvorrichtung die Achse *c* mitnimmt, bis *g* abgelaufen ist, und der Stift *y* Gabel *e* in umgekehrtem Sinne überkippen macht. Der Strom wird geschlossen und das Spiel wiederholt sich von neuem.

Beim Aufzug ist die Achse ausgelöst. — Infolge der drehenden Bewegung von *b* schleift der Stift *y* über eine längere Kontaktbahn an *l*, sodaß einmal eine gute Kontaktfläche erzielt wird, und anderseits die Stromschließungsstelle eine andere wie die Öffnungsstelle ist, mithin erstere von dem Unterbrechungsfunken nicht zu leiden hat. —

An der Schaltung ist *EAM* der elektrische Aufzugsmagnet, *W* ein Vorschaltwiderstand für die Nebenschlußspulen der Pendel *p*. *W* dient dazu, den Stromverbrauch des Nebenschlusses zu regulieren und die Zählerkonstante zu bestimmen. *SS* sind die vom Hauptstrom durchflossenen Spulen, *L* die Verbindung des Nebenschlusses mit *S*.

Der Wattstundenzähler ist vollkommen unabhängig von der Polwechselzahl und reagiert genau auf die Phasenverschiebung, sodaß er sowohl für Gleich- als auch für Wechselstrom zu gebrauchen ist. Infolge der hohen Empfindlichkeit, des Fortfalls permanenter Magnete und Unabhängigkeit von der Reibung ist die Genauigkeit der Messung von Null- bis Vollbelastung völlig gleichmäßig, sodaß dies Prinzip wohl das am genauesten arbeitende sein dürfte.

Figur 3. Einen *Aronzähler für Fünfleitersystem* zeigt dieses Schema. Vier Hauptstromspulen *S* wirken auf die Nebenschlußspulen *s* der Pendel *P*. *U* ist die Umschaltvorrichtung, *EAM* der Magnet der elektrischen Aufzugsvorrichtung, *W* sind Vorschaltwiderstände für *s* und *EAM*. Die Wirkungsweise ist derjenigen des in Figur 2 beschriebenen Zweileiterzählers gleich.

Figur 4. In Figur 2 auf Tafel 91 lernten wir die Verwendung eines oszillierenden Zählers für Batteriemessung kennen. Vorliegende Skizze zeigt uns nun die Schaltung des *Aronzählers* für den genannten Zweck *als Batteriezähler*.

Um einen Überblick über die vorschreitende Ladung und Entladung sowie das Güteverhältnis einer Batterie zu erhalten, wäre es das einfachste, zwei Zähler, die in entgegengesetztem Sinne registrieren, zu verwenden. Das Werk des vorliegenden Zählers ist jedoch derartig konstruiert, daß ein Zähler mit zwei Zifferblättern diese Funktionen versieht, was deshalb erreichbar ist, weil der Nebenschlußstrom auch bei wechselnder Stromrichtung in den Hauptstromspulen immer dieselbe Richtung beibehält. Demgemäß wird also nur die Hauptwelle des Zählwerkes bei Ladung und Entladung vor- und rückwärts gehen müssen. Mit Hilfe einer sinnreichen Mitnehmervorrichtung, die auf zwei Anordnungen von Sperrädern und Triebwerken derart wirkt, daß bei dem Vorwärtsgang das eine Zählwerk, beim Rückwärtsgang das andere angetrieben wird, wird erreicht, daß, wie gesagt, ein Zähler auf zwei getrennten Zifferblättern Ladung und Entladung mißt.

Da bei diesen Zählern keine mechanischen Stromumschaltungen für die verschiedenen Richtungen vorkommen, und die Trägheit des Pendels eine sehr minimale ist, weil dasselbe schon bei einer halben Schwingung (die Schwingungszahl i. d. Minute ist ca. 12000) beeinflußt werden muß, weil es nach jeder Schwingung in eine Lage kommt, wo die Geschwindigkeit 0 ist, anderseits aber auch die Trägheit des Zählwerkes nicht in Betracht zu ziehen ist, da durch die elektrische Aufzugsvorrichtung eine genügende Kraft vorhanden ist, um eine Kupplung der schnellst gehenden Wellen direkt bewirken zu können, eignet sich der Zähler ganz besonders für Batterien, die in Parallele mit der Dynamo arbeiten oder als Puffer dienen.

Tafel 94.

Figur 1 und 2. In den Tafeln 94—96 besprechen wir die *Wirkungsweise, Konstruktion und Schaltung* der *Gleichstrom- und Wechselstromzähler der Deutsch-Russischen Elektrizitätszähler-Gesellschaft Cöln*“, zumal es interessant ist, die innere Konstruktion einiger Zähler neben der Schaltungsweise kennen zu lernen.

Auf einer eisernen Grundplatte sind in üblicher Weise zwei Hauptstromspulen *H* befestigt; zwischen ihnen befindet sich die *feste* Spannungsspule *n*, die den auf der Achse beweglichen sogenannten *Reversier-Anker z* dauernd in demselben Sinne polarisiert.

Dieser Reversier-Anker *z* besteht aus einem dünnwandigen Eisenrohr, welches oben und unten je einen Eisenflügel trägt. Die Flügel sind dimetral gerichtet. Am oberen Ende befindet sich ein Sperrkegel *F*, welcher die

Achse A und die aus Kupfer hergestellte Bremsscheibe mittels eines auf der Achse befindlichen Sperrades s bei Drehung des Reversier-Ankers (von oben gesehen im Uhrzeigersinn) mit diesem kuppelt und so die Bewegung auf die bremsenden Organe überträgt.

Die Spannungsspule trägt gleichzeitig das obere Lager für die Systemachse. Das untere Lager wird von einem Bock aus Rotguß aufgenommen, der auch den Bremsmagneten M zu halten hat.

Tritt nun Strom in die Hauptstromspulen H und ist die Spannungsspule n eingeschaltet, so wird der polarisierte Reversier-Anker z, der ja eine Magnetnadel darstellt (deren Magnetismus der Spannung proportional ist), eine bestimmte Lage einzunehmen streben und zwar eine solche, daß die Längsachse der Eisenflügel der magnetischen Achse der Hauptstromspulen parallel ist. Theoretisch beträgt dabei der Winkel zwischen Anfangs- und Endstellung 180°. Die richtende Kraft nimmt von 0 bei 0° zu bis zu einem Maximum bei 90°, wird dann wieder kleiner, bis sie bei 180° ihren Anfangswert = 0 erreicht.

Es wird daher von diesen 180° nur 45° im Maximum des Kraftfeldes benutzt, indem der Reversier-Anker nach Absolvierung dieses Weges durch eine Hilfskraft zwangläufig außerordentlich rasch wieder in seine Anfangsstellung befördert wird, von der aus er seinen Weg wieder aufs neue antreten muß.

Diese Hilfskraft tritt so momentan auf, daß ein eingeschaltetes Ampèremeter nicht so schnell folgen kann, um den Strom anzuzeigen.

Zu diesem Zwecke ist am unteren Eisenflügel ein mit Platiniridium versehener Kontaktarm $C\ 1$ isoliert aufgesetzt, dem durch eine Spirale der + Pol zugeführt ist. Der — Pol ist durch Widerstand und eine Elektromagnetwicklung hindurch zu einem anderen Kontaktarm geführt, der am Anker des erwähnten Elektromagneten so befestigt ist, daß bei Berührung der Kontakte, also bei Stromschluß und Erregung des Elektromagneten, der Reversier-Anker mittels des am Elektromagnetanker befestigten Kontaktarmes momentan in seine Anfangsstellung zurückgeschnellt wird. Dies geschieht so schnell, daß die rotierende Kupferscheibe keine sichtbare Geschwindigkeitseinbuße erleidet.

Gleichzeitig wird durch einen, auf der Elektromagnetankerachse angebrachten Stoßkegel das letzte Zählwerksrad um einen Zahn fortbewegt. Infolge entsprechender Zählwerksübersetzung sind dann vorn an den springenden Ziffern direkt Kilowattstunden ablesbar.

Aus den beiden geschilderten Funktionen (Rückschaltung und Zählwerksantrieb) ergeben sich die prinzipiellen Verschiedenheiten gegenüber den gewöhnlichen Motorzählern.

Da die Spannungsspule fest ist, wird die Achse von ihrem Gewicht entlastet; es fällt ein Kollektor sowie jede Stromzuführung zum messenden Organ fort, wodurch auch alle Störungen durch Bürstenreibung usw. verschwinden. Sodann erfolgt der Zählwerksantrieb wie geschildert durch eine Hilfskraft. Der Zähler besitzt nur eine Kontaktstelle, an welcher infolge geeigneter Vorkehrungen kein Funke auftritt.

Einen Fortschritt stellt auch eine Anlaufsvorrichtung dar, welche gestattet, ohne Öffnen des Zählers dessen Anlauf in weitesten Grenzen am Orte selbst nach Wunsch einzustellen.

Es ist dies ein Vorteil gegenüber den gewöhnlichen Motorzählern, welche mit ihren vom Spannungsstrom durchflossenen Hilfsanlaufsspulen bei höherer Betriebsspannung, als für welche die Zähler geeicht waren, leerlaufen, bei niedrigerer entsprechend schwerer angehen und den Reibungsverhältnissen schwer anzupassen sind.

Die Achse besteht aus Stahl. Der obere Achszapfen endigt in einer Kugel, die sehr hart und hochglanz poliert ist. Sie läuft in einer zylindrischen Bohrung der oberen Lagerschraube. Der Zylinder der Bohrung erweitert sich nach oben, sodaß die Kugel des Zapfens bei arretiertem System (wobei dasselbe angehoben ist) nicht an der Wandung anliegt und bei Stößen keinen Schaden nehmen kann. Der untere Achszapfen, ebenfalls gehärtet und hochglanz poliert, endigt in einer parabolischen Spitze und läuft auf einem Saphirstein.

Die Arretierung wird durch eine Schlitzschraube *a* von unten nach Abheben der Klemmenkappe bewirkt. Eine mit einem entsprechenden Ausschnitt versehene Messingfeder hebt die Systemachse mit allem, was daran befestigt ist, in die Höhe. Hierdurch wird der untere Zapfen aus dem Lagerstein herausgehoben.

Die Kugel des oberen Zapfens gelangt in den weiteren Teil der sie führenden Bohrung und das obere konische Ende der Achse wird in eine konische Senkung der oberen Lagerschraube gepreßt, sodaß eine sichere Feststellung des Systems erreicht und der denkbar beste Schutz gegen Zerstörung beim Transport gewährleistet ist.

Der Lagerstein ist behufs Revision sehr leicht zugänglich. Er kann ohne weiteres von unten herausgenommen werden, wenn die ihn tragende Messingschraube entfernt ist.

Um den Zähler auch gegen die Folgen eines eventl. Stoßes während des Betriebes zu sichern, ist der Stein auf eine Feder gelegt, welche den Stoß aufnimmt und denselben dadurch vor einer Lädierung schützt. Auch das obere Lager kann leicht gelöst und gereinigt werden.

Die Stromzuführung geschieht von unten, wobei die Strom- und Spannungsklemmen der Reihenfolge und Anzahl nach gemäß den Vorschriften

der Versammlung der Vereinigung der Elektrizitätswerke angeordnet sind. Alle Klemmen sind zu einem Teil vereinigt; sie sind bezeichnet und durch Anbringung von Porzellanführungen vor ihnen ist der Kurzschlußgefahr bei der Montage möglichst vorgebeugt.

Die Eisenscheibe unter der linken Stromspule hat den Bremsmagneten bei eventl. Kurzschlüssen in der Isolation vor der Schwächung durch den dann extrem hohen Hauptstrommagnetismus zu schützen und ist gleichzeitig zur Anbringung der Vorschaltwiderstände benutzt.

Zur genauen Aufhängung des Apparates ist ein Lot beigegeben, das an einem der Anschlußklemme sichtbaren Ansatz der Grundplatte über einer Spitze schweben soll.

Die Abdichtung der Platte gegen Staub wird durch einen in eine Nute der Rückplatte eingelegten Chenillestreifen erreicht.

Die Aufhängung selbst erfolgt unter Benutzung der drei an die Grundplatte angegossenen Lappen, von denen zwei länglich geschlitzte Löcher haben, um bei nicht genau vorgebohrten Schraubenlöchern ein nachträgliches seitliches Ausbalancieren zu ermöglichen.

Die Schaltung geht aus dem beiliegenden Schemata hervor.

Der Energieverlust beträgt in den Hauptstromspulen ca. 1,5 Watt bei mittlerer Belastung, im Spannungsstromkreise werden ca. 1,7—2 Watt für je 100 Volt beansprucht, so daß der Widerstand für je 100 Volt 5—6000 Ohm beträgt.

Tafel 95 und 96.

Figur 1 und 2. Zur Konstruktion von Motorzählern für Wechselstrom benutzt man heute mit Vorliebe die Induktionswirkung mehrerer in der Phase gegeneinander verschobener Ströme, da dieses Prinzip bei geringem Eigenverbrauch einen einfachen Aufbau der einzelnen Teile gestattet und vor allem frei von jeder Bürstenreibung ist, die selbst bei gut ausgeführten Apparaten in neuem Zustande schon etwa das Sechsfache der Lagerreibung ausmacht, wie auch die mit Kollektor und Bürsten verbundenen Störungen zugleich vom Zähler ferngehalten werden.

Die Mehrzahl der bekannten Typen sind nach dem Ferraris- (S. & H). oder Thompsonschen (Union) Prinzip gebaut, wobei Drehkörper aus nicht magnetischem Material (wie Scheiben und Glocken aus Kupfer oder Aluminium) der Einwirkung von Drehfeldern ausgesetzt sind, welche symmetrisch oder unsymmetrisch zur Achse angeordnet werden.

Um hierbei ein kräftiges Drehmoment zu erhalten, wird aber oft der ganze Apparat mit Eisenmassen überladen und da bereits eine Scheibe als Rotationskörper vorhanden ist, wird dieselbe auch gleich zur Bremsung mit verwendet, wobei aber permanente Magnete in gefährliche Nähe von Elektro-

magneten gebracht werden, deren Strom die Intensität und Richtung fortwährend rasch ändert und so eine schwächende Wirkung auf die Permanenz derselben ausübt.

Die „Deutsch-Russische Elektrizitätszähler-Gesellschaft" hat deshalb einen Induktionsmesser konstruiert, bei welchem ein gesetzlich geschützter, leichter und energisch wirkender, eiserner Rotationskörper angebracht ist, der bei sehr kompendiöser Gestaltung der Spulen unter geringer Verwendung von Eisenmassen im Nebenschlußfeld (die Hauptstromspulen enthalten kein Eisen um die drosselnde Wirkung desselben von ihnen fern zu halten) gestattet die permanenten Magnete mit ihren Eisenscheiben weit ab von den wechselnden und streuenden Magnetfeldern anzubringen. Der Zähler selbst erhält hierbei einen sehr einfachen, übersichtlichen Aufbau bei sehr geringem Gewicht.

In der äußeren Gestalt paßt sich der Zähler der für Schaltbrettinstrumente gebräuchlichen Dosenform, wie der Gleichstromzähler Tafel 94, an.

Die eisenfreien Hauptstromspulen *a* sind auf einer eisernen Grundplatte *b* stabil befestigt und nehmen in ihrer Mitte die Nebenschlußspulen *c* auf, deren Kern *d* ein Hufeisen darstellt.

Ein kleiner Bock aus Rotguß *e* trägt das obere Lager *f*, welches in einer zylinderischen Bohrung den sorgfältig gehärteten und polierten Zapfen der Achse *g* aufnimmt. Das untere Ende dieser Bohrung läuft in einem Konus aus, in welchem sich das gleichgeformte Ende des Zapfens einlegt, sobald die Arretierungsschraube *h* in die Höhe geschraubt wird und durch die Feder *i* das drehbare System aus seinem Lager hebt, auf diese Weise den Zapfen beim Transport vor jeder Lädierung sichernd.

Zum Schutz gegen Staub ist das Lager durch eine Schraube geschlossen. Als unteres Lager *k* (s. Tafel 96) dient ein Saphirstein, dessen sorgfältigste Auswahl und Politur für die Dauer einen festen reibungslosen Gang gewährleistet.

Dieser Stein ist in Metall gefaßt und ruht frei beweglich auf einer Feder, sodaß auch eine stärkere Erschütterung ihm nicht schaden kann, da die Feder den Stoß aufnimmt.

Feder und Stein sind in einen Zylinder der unteren Lagerschraube eingelassen und werden darin durch eine Schraube gehalten.

Die aus Stahl gefertigte Achse *g* ist am unteren Ende konisch zugespitzt, gehärtet und hochglanz poliert. Auf ihr ist in der Höhe der Mitte der Hauptstromspulen der gesetzlich geschützte Rotationskörper *l* mittels eines Messingkreuzes *m* (s. 96, Fig. 1) befestigt.

Der Ring *l* besteht aus einigen dünnen Eisenlamellen, welche von einer in sich geschlossenen Kupferwicklung umgeben sind. Er ist über den Enden des Nebenschlußhufeisens derart angebracht, daß sein Eisen zugleich den Kraftlinienschluß derselben bildet und zwar derart, daß die Kraftlinien des

Nebenschlußfeldes in mehreren voneinander getrennten Bahnen peripherisch von Pol zu Pol geführt werden.

In der Nähe der unteren Lagerung ist auf der Achse eine Aluminiumscheibe *n* befestigt, welche zwischen permanenten Magneten *o* laufend, die mittels eines besonderen Rotgußblockes *p* auf der Grundplatte befestigt sind, als Wirbelstrombremse dient, sodaß die Umdrehungen direkt proportional dem Wattverbrauche sind.

Die Umdrehungen des rotierenden Systems werden mittels einer Schnecke *q* auf ein Rollenzählwerk mit springenden Ziffern *r* übertragen und bewirkt die entsprechende Wahl der zwischen Schnecke und Zählwerk eingeschalteten Übersetzung, daß bei Zählern bis 1250 Wattstunden maximalen Verbrauch noch 0,1 Hektowattstunden abgelesen werden können.

Die Kilowattstundenzahl wird durch schwarze Ziffern angegeben und diese sind durch ein Komma von den roten Ziffern getrennt, welche Hektowattstunden bezw. 0,1 Hektowattstunden anzeigen.

Um den Induktionsmesser zum reinen Wattmeter zu gestalten, also unabhängig von der Phasenverschiebung zu machen, ist es nötig, im Zähler selbst Spannung und Hauptstromfeld um 90° zu verschieben. Dies wird erreicht durch eine im Nebenschlußstromkreis eingeschaltete Drosselspule *t* (Taf. 96).

Die Schaltung ist aus den Schaltungsschemata ersichtlich.

Der Zähler wird als Zwei- und Dreileiter in gleicher Weise ausgeführt.

Die Anschlüsse und die Stromzuführungen zeigen Tafel 95 und 96 als Dreileiter; jedoch mit dem Unterschiede, daß der Zähler, Tafel 95, nur für Glühlampenbelastung Verwendung findet, denn es fehlt hier die Drosselspule *t* von Tafel 96.

Einen ganz besonderen Fortschritt zeigt diese Zählertype durch ihre Anlaufregulierung, deren Wirkung folgende ist.

Da bei Motorzählern das Drehmoment bei der Anlaufstromstärke (gewöhnlich 1% der maximalen) eine ganz minimale Kraft darstellt, so ist es erforderlich, daß die Zähler im Betriebe keine Lagenänderung gegen den Zustand bei der Eichung erfahren. Ebenso ist Bedingung, daß nicht mehr und nicht weniger Erschütterungen auftreten, oder sonstige Einflüsse (seien sie magnetischer, elektrischer oder irgendwelcher Art) auf den Zähler einwirken, als beim Eichen.

Es läßt sich nun im Eichraum ein Zustand schaffen, der die Einflüsse auf ein Mindestmaß reduziert und ebenso Erschütterungen vom Zähler fern hält. Nicht so läßt sich dies immer am Betriebsorte des Zählers erreichen. Hier zeigt der Apparat nur richtig an, wenn er am Orte den Eichbedingungen entsprechend montiert wird, also ohne Lagenänderung, frei von Erschütterungen und Beeinflussungen. Dies ist aber wie gesagt nicht immer möglich, und deshalb hat der Zähler einen veränderten Anlauf und mit ihm hat sich die

Kurve bei kleiner Belastung geändert; sie wird aber durch Regulierung des Anlaufes auf den normalen Zustand zurückgebracht, also richtig gestellt.

Diese Anlaufvorrichtung besteht aus einer kleinen in den Spannungsstromkreis eingeschalteten Spule *z*, Tafel 96 (auch kann an Stelle derselben ein Eisenstück verwendet werden), welche oberhalb des Ringes also oberhalb der Nebenschlußspule zwischen den Hauptstromspulen drehbar angebracht ist.

Auf dem oberen Rand des Zählergehäuses ist ein drehbarer Hebel befestigt, welcher durch seitliche Verschiebung ein Loch in der Zählerkappe frei gibt, unter welchem die Regulierungsschraube sitzt, welche mit der Spule *z* in fester Verbindung ist und so eingestellt ist, daß die Spule eine Mittelstellung einnimmt.

Es ist nun nur möglich, die Spule um etwa maximal 30° nach rechts und links zu drehen, dann stößt man bei der Bewegung auf einen fühlbaren Widerstand, welcher ein weiteres Regulieren nicht mehr zuläßt.

Ein Linksdrehen um einen ganz kleinen Winkel bewirkt ein leichtes Angehen des Zählers und umgekehrt beseitigt eine kleine Drehung nach rechts einen etwaigen Leerlauf.

Tafel 97.

Figur 1 bis 4. Während wir Tafel 92 die letzte Ausführung eines Gleichstromzählers zeigten, soll hier die Konstruktion und Schaltung des zuletzt von der „Union E.-G." ausgeführten *Drehstrom-Induktionszählers* beschrieben werden.

Die Zähler sind für Dreiphasenstrom in Verkettung oder Dreieckschaltung ohne neutrale Rückleitung gebaut und zwar für ungleich belastete Phasen (Motorbetrieb). Die Induktionswirkung geschieht durch zwei Elektromagnetgruppen $S_{1,\,2,\,3}$ und $S_{4,\,5,\,6}$, welche das Hauptstrom- und Nebenschlußfeld erzeugen. Die beiden Hauptspulen S_1 und $_3$, S_4 und $_6$ werden hintereinander geschaltet und von dem Strome je einer Leitung durchflossen. Die Nebenschlußmagnete S_2, S_5 werden durch die Spannung zwischen den zu derselben Gruppe gehörigen Hauptspulen und der dritten Leitung, wie das Schema zeigt, erregt.

Der induzierte Körper besteht aus zwei Aluminiumscheiben R und R_1, die Bremsvorrichtung aus zwei permanenten Magneten M_1, M_2. Zwischen diesen und den Elektromagneten befindet sich ein geschlitzter Magnetschirm, damit letztere durch die Bremsmagnete nicht beeinflußt werden. D, S sind Drosselspulen und W ein induktionsfreier Widerstand im Nebenschlußstromkreis. Durch diese Widerstandsgruppe erfährt der Strom des Nebenschlusses eine Verzögerung um 90°, zu deren genauen Einregulierung der Widerstand

W dient. Infolgedessen ist der Zähler unabhängig von der Phasenverschiebung. Das U-förmige Joch J des Elektromagnetsystems ist wie die Elektromagnete selbst aus Dynamoblechen zusammengesetzt.

Tafel 98.

Figur 1. Der *Wattstundenzähler für Drehstrom* der früheren Firma E.-A.-G. v. Schuckert & Co. hat folgende Schaltung und Einrichtung.

Zwei Kreisscheiben Al aus Aluminium sitzen auf einer gemeinsamen vertikalen Welle W, welche in Kugel- und Halslager drehbar angeordnet mit Schnecke s und Schneckenrad das Zählwerk Z in Gang setzt. Auf die Scheiben Al wirken einmal die Nebenschlußelektromagnete Ns_{I} und Ns_{II} anderseits die Hauptstromspulen Hs_{I-IV}. Die Nebenschlußspulen sind mit Hilfe von Vorschaltwiderständen W und der Drosselspule $Drsp$ zwischen die drei Phasen geschaltet, wobei $Drsp$ und W den Nebenschlußstrom gegen den Hauptstrom um 90° verzögern, wie in den vorigen Tafeln ebenfalls erläutert, während die vier Hauptstromspulen von den drei Hauptströmen durchflossen werden und zwar derartig, daß durch Hs_{I} Strom $D_1—L_1$, durch Hs_{II} Strom $D_2—L_2$, durch $Hs_{III\,u.\,IV}$ Strom $D_3—L_3$ fließt; weil die Wirkung der Spulen Ns_{I} und Ns_{II} auf Al gleich stark ist, ist die Windungszahl der Hauptstromspule $Hs_{III,\,IV}$ entsprechend der Stromstärke das 1,732 fache der Windungen von Hs_{I} oder Hs_{II}; zwei permanente Stahlmagnete Dm dienen zur Dämpfungswirkung auf die Scheiben Al.

Figur 2. Der *Thomson Drehstromzähler*, der in der Tafel 97 beschriebenen Ausführung von der „Union E.-G.“ gebaut wurde, ist nach der vorliegenden Schaltung eingerichtet, in welcher folgende Bezeichnungen gewählt sind. Sch ist eine Schnecke, welche ein Zählwerk Z in Bewegung setzt und die gemeinsam mit den Ankern A, den Kollektoren C und der Dämpfungsscheibe D auf einer vertikalen drehbaren Welle W sitzt. B sind die stromführenden Bürsten, welche auf C schleifen, Hs_{1-3} sind die Hauptstromspulen, die zwischen D_1 L_1 (Hs_1), D_2 L_2 (Hs_2) und D_3 L_3 (Hs_3) liegen. Die Windungszahl von Hs_2 ist das 1,732fache einer Spule Hs_1 oder Hs_3. Die Nebenschlußspulen Ns sind mit Hilfe der Widerstände Wi derartig zwischen die Phasen geschaltet, daß eine Dreieckschaltung entsteht. M ist ein permanenter Stahlmagnet, welcher bei Drehung von Scheibe D in dieser Wirbelströme erzeugt und hemmend wirkt.

Figur 3. Bei Beschreibung des Aronzählers Tafel 93, Figur 2 haben wir gesehen, daß derselbe gleich gut für Gleich- und für Wechselstrom geeignet ist. Demzufolge kann derselbe auch durch gewisse Anordnung und

Bemessung der Spulen für Drehstrom gebaut werden. Die Schaltung eines solchen *Drehstromzählers nach H. Aron* zeigt uns die Figur 3.

In diesem Schema sind:

A, *B*, *C* die Hauptstromzuleitungen,
a, *b*, *c* die Netzleitungen,
s, *s* die Nebenschlußspannungsspulen der Pendel *P*,
U die Umschaltvorrichtung,
W die Vorschaltwiderstände für *s* von hohem Widerstand (um die Selbstinduktion der Spulen *s* zu verringern),
EAM die elektromagnetische Aufzugsspule,
SS die Hauptstromspulen,
N die Klemme zum Anschluß der 3. Leitung für den Nebenschlußstrom.

Figur 4 bis 6. Der *Kontroll-Automat* der Firma Dr. P. Meyer, Berlin, ist ein *selbsttätiger Maximal-Ausschalter,* welcher auf eine bestimmte Stromstärke eingestellt werden kann und bei Überschreitung derselben den betreffenden Stromkreis unterbricht und sofort nach der Unterbrechung selbsttätig wieder schließt. Dieses Spiel dauert so lange fort, bis wieder die normale Stromstärke hergestellt ist. Es wird also im Gegensatz zu den sonst bekannten Maximal-Ausschaltern der Stromkreis nicht dauernd unterbrochen. Wenn nun z. B. in einem solchen Stromkreise mehr Glühlampen eingeschaltet werden, als etwa einer bestimmten Vereinbarung entspricht, so bewirkt der Apparat ein abwechselndes Verlöschen und Aufleuchten der Lampen, solange, bis die zulässige, vereinbarte Lampenzahl wieder vorhanden ist. Dadurch eröffnet sich für denselben ein großes Verwendungsgebiet in elektrischen Zentralen bei Abnehmern, welche den Strom nach einem *Pauschaltarif* bezahlen. Diesen ist dadurch die Möglichkeit gegeben, eine Reihe von Lampen an beliebiger Stelle zu installieren, während die Zahl der gleichzeitig brennenden je nach Vereinbarung beschränkt ist. Der Apparat kann ferner in ähnlicher Weise auch bei Konsumenten angeschlossen werden, welche nach Elektrizitäts-Zählern die Energie bezahlen. In diesem Falle wird durch Vorschalten vor den Zählern der Vorteil erreicht, daß die Kapazität des letzteren nicht der gesamten installierten Lampenzahl, sondern nur derjenigen Stromstärke angepaßt sein muß, welche durch den Kontroll-Automaten begrenzt ist. Der Elektrizitäts-Zähler kann dann stets bis zu seiner vollen Gebrauchsfähigkeit ausgenutzt werden, und es fallen die unvermeidlichen Fehler weg, welche dem Gebrauch eines solchen in den unteren Grenzen anhaften.

Die Benutzung eines solchen Apparates bietet nicht allein für die Konsumenten den erwähnten Vorteil, sondern die Installation desselben liegt auch sehr wesentlich im Interesse jedes Elektrizitätswerkes. Bei Verwendung des-

selben kann die Kapazität des Werkes wesentlich genauer bestimmt und die Zahl der gleichzeitig brennenden Lampen begrenzt werden.

Die Einrichtung des Apparates ist folgende:

Figur 4. Auf einer Grundplatte befindet sich ein Elektromagnet *EM* mit der Spule *S*, deren Enden zu dem in der Glasröhre *G* befindlichen Quecksilberfaden *Q*, bezw. den Anschlußklemmen + und — führen. Die Glasröhre *G* ist starr mit dem um das Lager *a* drehbaren Anker des Elektromagneten verbunden.

Der Apparat wird wie ein gewöhnlicher Strommesser angeschlossen und funktioniert in folgender Weise: Sobald die Stromstärke in der Konsumstelle das vereinbarte Maß überschreitet, zieht der Elektromagnet den Anker an. Dadurch fließt der Quecksilberfaden nach der anderen Seite der Röhre (in der Fig. nach links) und reißt zwischen den Stromzuführungen ab. Damit ist die Leitung unterbrochen; der Elektromagnet wird stromlos. Der Anker fällt wieder herunter und der Quecksilberfaden kommt in seine frühere Lage, stellt also wieder Stromschluß her. Nun beginnt das beschriebene Spiel wieder und hält so lange an, wie die Überlastung der Konsumstelle dauert.

Der Apparat arbeitet also, im Gegensatz zu ähnlichen Vorrichtungen, durchaus selbsttätig; einmal richtig eingestellt, bedarf er keiner weiteren Wartung. Er ist für die gebräuchlichen Betriebsspannungen bis 220 Volt und für Stromstärken von 1 bis 12 Ampère zu verwenden und zwar sowohl für Gleichstrom, wie für Wechselstrom und Einzelphasen bei Drehstrom.

Die Ausschaltung durch Quecksilber, welche bei früheren Konstruktionen als nicht einwandsfrei galt, wirkt durch die eigenartige patentierte Anordnung in diesem Falle absolut sicher und bildet gerade den wesentlichen Vorteil des ganzen Apparates. Die Glasröhre ist so geformt, daß das Abreißen des Funkens immer nur innerhalb des Quecksilberfadens selbst, niemals aber an den eingeschmolzenen Zuleitungsdrähten aus Platin erfolgen kann. Dadurch sind die letzteren vor der Zerstörung gesichert, während auch die sonst störende Wirkung des Funkens von Quecksilber zu Quecksilber durch die eigenartige Füllung und die große Geschwindigkeit im Augenblicke des Schaltens vollständig beseitigt wird.

Die letzterwähnten Vorzüge des sicheren Schaltens mittels eines Quecksilberfadens lassen eine ganz wesentliche Erweiterung des Verwendungsgebietes des Schalters in entsprechender Ausführung zu. Dabei ist die zur Betätigung derselben nötige Kraft sehr gering, da die Stromschließung reibungslos erfolgt.

Der Apparat wird nun noch für eine Reihe von andern Zwecken ausgeführt, nämlich für *Fernschaltung* sowie als Umschalter.

Als Fernschalter wird der Apparat mit einer auf Spannung gewickelten Spule *S* unter Vorschaltung eines Widerstandes ausgeführt. Diese Spule steht so lange unter Strom, als der Schalter geschlossen oder geöffnet sein soll. Der Stromkonsum in der Erregerspule (ca. $^1/_{10}$ Amp.) ist so gering, daß er nicht ins Gewicht fällt. Die Betätigung des Apparates geschieht vermittels einer einzigen Leitung, da als Rückleitung die Erde, oder die vorhandene Leitung des anderen Poles benutzt wird.

Figur 5 ist derselbe Apparat in Ausführung für *Kontrolle der Lade- und Entladestromstärke der Batterie B,* während Tafel 6 ihn schematisch als *Doppelapparat* darstellt, z. B. zur Betätigung mit *Fernschaltung zum Ein- und Ausschalten zweier Lampengruppen.*

Tafel 99.

Figur 1. Ehe wir zur genaueren Besprechung der Widerstandsmessungen übergehen, wollen wir kurz die hierfür grundlegenden Formeln und Gesetze besprechen.

Zunächst kommt hierbei *das Ohmsche Gesetz* in Betracht, welches lautet: *Die Stromstärke i in einem einfachen Stromkreise ist gleich der elektromotorischen Kraft e dividiert durch den Widerstand w oder* $i = \frac{e}{w}$. Hieraus ergibt sich, daß auch $e = i \cdot w$ und $w = \frac{e}{i}$ oder bei mehreren Stromkreisen Summe $\Sigma i = \Sigma \frac{e}{w}$ usw. ist.

Das Kirchhoffsche Gesetz sagt ferner: *Die Summe Σ aller Stromstärken I, welche zu demselben Punkte hin- und von diesem wieder fortfließen, ist an diesem Punkte = 0 oder* $\Sigma\ I = 0$.“ Hieraus ergeben sich folgende Regeln:

„*Bei einer Verzweigung eines Stromkreises in zwei Leitungen verhalten sich die Stromstärken in diesen umgekehrt proportional wie ihre Widerstände und die Summe der Stromstärken ist gleich der Stromstärke des Hauptstromkreises*“, sowie *die Spannungsdifferenz e, die zwischen den Endpunkten zweier Leiter herrscht, ist gleich dem Produkt aus Stromstärke i mal Widerstand w*, d. h. $e = i \cdot w$ (s. o.) (der Widerstand *w* eines Leiters vom spezifischen Widerstand *s* d. h. bei 1 m Länge und 1 qmm Querschnitt ist auf Grund der Erweiterungen obiger Formeln $w = s \cdot \frac{l}{q}$, wobei *l* in m, *q* im qmm anzunehmen ist).

Auf den vorstehenden Regeln baut sich nun das Prinzip der *Wheatstoneschen Brücke* auf (Fig. 1). Diese besteht aus vier Widerständen $w_1 w_2 w_3 w_4$; an die Eckpunkte *A* und *C* ist eine Batterie *Ba* gelegt, während zwischen *B* und *D* ein Galvanometer *G* geschaltet wird; der Strom der Batterie teilt

sich nun in A und C über $w_3 w_4$ und $w_1 w_2$, um sich in C wieder zu vereinigen. Sobald nun die Widerstände w_1 und w_2 dasselbe Verhältnis zueinander haben wie w_3 und w_4, so sind die Spannungen bei B und D gleich, das Galvanometer ist stromlos und stellt sich auf Null ein. Wir erhalten daher die Gleichung $w_1 : w_2 = w_3 : w_4$ oder $w_1 : w_3 = w_2 : w_4$.

Sind jetzt die Widerstände $w_2 w_3 w_4$ bekannt und gleich a, c, b, so erhalten wir $w_1 = x$ durch Einsetzung der Größen:

$$x : c = a : b \text{ oder } x \cdot b = a \cdot c \text{ oder } x = \frac{a \cdot c}{b}.$$

Figur 1a zeigt nun eine in der Praxis allgemein übliche *Anordnung bezw. Schaltung der Wheatstoneschen Brücke* als sogenannte *Meßbrücke* zur Widerstandsmessung von festen Leitern oder Körpern. Sie besteht aus einer Reihe von Vergleichswiderständen $C = 1, 1, 2, 2, 5, 10, 10, 20, 50, 200, 200, 500 =$ zusammen 1001 Ohm; zum leichteren Überblick der Schaltung sind die Bezeichnungen genau dieselben wie Fig. 1. Die einzelnen bifilar gewickelten Widerstandsspulen können durch Stöpselkontakte kurz geschlossen werden. Die Widerstandsreihen a, b von 1, 10, 100, 1000 bilden das Verhältnis von $\frac{a}{b}$ in der Figur 1 erwähnten Gleichung der Brücke : $x = c \cdot \frac{a}{b}$, das Glied c (der Vergleichswiderstand) kann daher durch entsprechende Stöpselung von a und b bis zum 1111-fachen erhöht oder erniedrigt werden. Die Meßbrücke mißt daher ohne komplizierte Umrechnung Widerstände von 0,001—1000000 Ohm. Im ersteren Falle sind von c gestöpselt 1, 2, 2 bis 500, von a 10—1000, von b 1—100, sodaß der Gesamtwiderstand $x = c \cdot \frac{a}{b} = 1 \cdot \frac{1}{1000} = 0{,}001$ Ohm beträgt; im zweiten Falle sind bei c bis auf 1 alle Stöpsel offen, desgleichen bei a Stöpsel 1, 10, 100, während bei b nur 1 offen ist. Wir erhalten für x demnach den Wert $x = 1000 \cdot \frac{1000}{1} = x = 1\,000\,000$ Ohm. Der äußerste Meßbereich nach 1) oben und 2) unten ist:

1) $x = 1001 \cdot \frac{1111}{1} = 1\,112\,111$ Ohm. 2) $x = 1 \cdot \frac{1}{1111} = 0{,}0009$ Ohm.

Um nun eine Messung vorzunehmen, wird der Widerstand x zwischen A und D angelegt, während zwischen D und B das Galvanometer G, zwischen C und A die Batterie B gelegt ist. Galvanometer und Batteriekreis können durch Taster $T\ T_1$ geschlossen werden. Jetzt zieht man den Vergleichswiderstand nach der mutmaßlichen Höhe von x, schließt zuerst Taster T_1, d. h. den Batteriestromkreis, um Galvanometer G vor empfindlichen Stromstößen zu wahren, und dann Taster T. Je nachdem jetzt G nach rechts oder links ausschlägt, korrigiert man bei c bezw. bei a und b.

Hätten wir daher z. B. einen Widerstand $x = 1810$ Ohm, so wären bei c Stöpsel 100, 50, 20, 10, 1, bei a 10, bei b 1 gezogen. Demnach $x = 181 \cdot \frac{10}{1} = 1810$ Ohm. Obgleich durch verschiedene Kombinationen bezw. Einsetzung anderer Meßbereiche feste Widerstände jeder Höhe gemessen werden können (bei sehr hohen wird Galvanometer G durch ein Spiegelgalvanometer ersetzt), geschieht diese Messung doch nur sprungweise, ein Übelstand, der durch nachstehende Änderung vermieden wird.

Figur 1b. *Die Universalmeßbrücke nach Kohlrausch*, die speziell die Firma „Hartmann und Braun" fabriziert, macht den Punkt, der in Figur 1a C entspricht, beweglich, und läßt ihn über die durch einen ausgespannten Widerstandsdraht Wd dargestellten Brückenwiderstände schleifen, an einer Skala mit empirischer Teilung kann dann das Verhältnis von $\frac{a}{b}$ direkt abgelesen werden; mit dem gezogenen Vergleichswiderstand bei $W(c)$ multipliziert erhält man den Wert von x. Dies ist ein wesentlicher Vorteil der Brücke.

Der Vergleichswiderstand $W(c)$ enthält Widerstände von 1, 10, 100, 1000 Ohm; in Verbindung mit einem Galvanometer G zwischen E_1—F und einer Batterie B zwischen BA können bei Stellung des Tasters T auf Galvanometer Gal und gezogenen Stöpsel S feste Widerstände x zwischen D und E von 0,1—10000 Ohm gemessen worden. Werden jedoch die punktierten Verbindungen hergestellt, sodaß Batterie B zwischen U und A, und Telephon Tel zwischen FE_1 zu liegen kommt, so dient der Apparat zur Widerstandsmessung von Elektrolyten. Hierzu dient ferner das Induktorium IS. Bei der Messung ist Taster T auf Kontakt Tel gestellt und Stöpsel S geschlossen. Die Widerstände werden nur solange verglichen, bis das Telephon — ebenso wie vorher das Galvanometer — unbeeinflußt bleibt, d. h. in ihm bei Schließen von T kein Summen mehr zu hören ist. Der Wert von x ist dann wie vorher durch einfache Multiplikation von $W(c) \cdot Wd$ zu finden. Z ist die Spitze des auf Wd gleichzeitig als Zeiger ausgebildeten Kontaktes I, i ein Isolierstück. Die anderen Bezeichnungen wurden bereits erwähnt.

Figur 2. Die Schaltung und Einrichtung des *Torsionsgalvanometers*, das hauptsächlich zum Messen der Spannung und Stromstärke dient, ist derartig, daß ein zwischen zwei rahmenartigen Widerstandsspulen WS von 1 Ω Widerstand hängender Glockenmagnet M von dem WS durchfließenden Strome beeinflußt wird. Dieser Glockenmagnet hängt an einem (nicht gezeichneten) Kokonfaden und einer Spiralfeder Sp, welche mittels eines über der Skala liegenden Knopfes entgegen der Ablenkung des Magneten M gedreht werden kann, bis sich der Zeiger Z wieder in seiner Anfangsstellung 0 einstellt;

der Torsionswinkel kann dann auf der Skala *Sc* nach Angabe des Zeigers *T* abgelesen werden. *G* ist eine auf der Achse sitzende Glimmerplatte, welche zwischen den festen Flügeln *D* schwingt, sodaß der Luftwiderstand bei Drehung von *M* und damit *G* als Dämpfung benutzt wird: *A* ist eine Arretierungsschraube.

Für die *Messung der Stromstärke*, für die die ausgezogenen Leitungen im Schema in Betracht kommen, erhält das Torsionsgalvanometer einen Nebenschluß *ab* in die stromführende Leitung ll_1 geschaltet, welcher zu dem Widerstand *WS* in bestimmtem Verhältnis steht, wodurch man in der Lage ist, die durch ll_1 fließende Stromstärke direkt an der Skala abzulesen. Setzen wir voraus, daß 1° an der Skala, d. h. des Torsionswinkels = 0,01 Volt Spannungsdifferenz zwischen *kk* ist, so ist 1° Ausschlag auch $= \frac{0{,}01 \text{ Volt}}{1 \text{ Ohm}} =$ 0,01 Ampère Stromstärke. Ziehen wir jetzt den Stöpsel des Nebenschlusses bei $^1/_9$ Ohm, so beträgt der Verzweigungswiderstand $\frac{1}{9+1} = \frac{1}{10}$ Ohm, die Spannungsdifferenz von *a*—*b* bei einem Torsionswinkel von beispielsweise $110^\circ = 0{,}01 \cdot 110 = 1{,}1$ Volt, die Stromstärke zwischen *ab*, d. h. überhaupt in ll_1 $\frac{1{,}1 \text{ Volt}}{\frac{1}{10}\text{Ohm}} = \frac{1{,}1}{0{,}1} = 11$ Ampère.

Zur *Spannungsmessung* werden Ergänzungswiderstände von 9, 99, 999 Ohm über Taster *T* in Hintereinanderschaltung mit *WS* (punktierte Leitungen) gelegt, sodaß der gesamte Widerstand 10, 100 oder 1000 Ohm beträgt; das Galvanometer liegt mit dem Vorschaltwiderstand an den Leitungen $l_1 l_2$, zwischen denen die zu messende Potentialdifferenz herrscht; 1° als Torsionswinkel des Instruments, d. h. 1° an der Skala *Sc* entspricht wieder 0,01 Volt, mithin wird bei gezogenem Stöpsel bei 99 und einem Ausschlag von 110° die Spannungsdifferenz zwischen $l_1\ l_2 = 110 \times 0{,}01 \times \frac{100}{1} = 110$ Volt betragen. In der oben erwähnten Zusammenstellung mit Widerstand wären daher die Meßbereiche 17, 170 und 1700 Volt bezw. 17 und 170 Ampère.

Figur 3. *Das neue Universalgalvanometer von Siemens & Halske A.-G* besteht, wie Herr Dr. Raps in seinem hierüber gehaltenen Vortrag ungefähr folgendermaßen ausführt, aus einer Verbindung eines Präzisions-Milli-Volt- und Ampèremeters von 1 Ω Widerstand mit einer Wheatstoneschen Brücke nebst Vergleichswiderständen, welche zugleich als Vorschaltwiderstände für Spannungsmessungen gebraucht werden, und kann daher zur Messung von Widerständen (z. B. auch von Isolationen, Leitungsfehlern), Spannungen und Stromstärken dienen.

Dasselbe bedarf gar keiner besonderen Aufstellung, weder in der Vertikalen durch Fußschrauben, noch in der Horizontalen durch Drehen, ebenfalls keiner Arretierung. Äußere magnetische Einflüsse üben keine Wirkung aus, sodaß das Instrument in einigen Metern Entfernung von Dynamomaschinen noch recht gut Verwendung finden kann.

Vor allem ist es die vorzügliche Dämpfung, welche mit diesem Instrument äußerst bequem und schnell zu arbeiten gestattet.

Für die Widerstandsmessung wird das Instrument als Wheatstonesche Brücke benutzt, wobei das Galvanometer im Brückenzweige liegt. Um große sowie kleine Widerstände mit ausreichender Schärfe messen zu können, sind vier verschiedene Widerstände von 1, 9, 90 und 900 internationalen Ohm (int. Ohm) untergebracht, mit denen man die Vergleichswiderstände von 1, 10, 100 und 1000 Ω herstellen kann. Für sehr kleine Widerstände wird ein Widerstandsstöpsel beigegeben, welcher in Loch 1 (Figur 3) gesteckt, den Vergleichswiderstand von 0,1 Ω herstellt. Wegen der unvermeidlichen Übergangswiderstände ist natürlich die Genauigkeit in diesem Fall geringer.

Beim Messen von Spannungen wird das Galvanometer ohne Brücke gebraucht; will man über 0,15 Volt messen, so hat man das Meßbereich bis 150 Volt durch obige Vergleichswiderstände als Vorschaltwiderstände zu vergrößern. Bei höheren Spannungen müssen gesonderte Vorschaltwiderstände verwendet werden.

Zur Messung von Stromstärken über 0,15 Amp. kann die Empfindlichkeit durch passende Nebenschließungen auf das erforderliche Maß reduziert werden.

Figur 3 zeigt den Stromlauf des Instrumentes.

Das eigentliche Galvanometer besitzt einen zwischen Spitzen gelagerten Kupferrahmen, welcher in einem starken magnetischen Felde schwingt. Als Richtkraft dienen zwei Federn aus antimagnetischem Metall, welche gleichzeitig als Stromzuführungen zu den auf dem Kupferrahmen befindlichen Drahtwindungen dienen.

Die elektromagnetische Dämpfung erfolgt durch den in sich selbst geschlossenen Kupferrahmen.

Um eine kreisrunde, aus Schiefer hergestellte Scheibe in der Brückendraht X angelötet und straff gespannt. Auf der nach oben gekehrten Fläche der Schiefertafel, nahe dem Rande derselben, ist eine Teilung eingraviert, deren Angabe mit dem gezogenen Vergleichs-*Widerstand (0,1, 1, 10, 100, 1000) multipliziert, sofort den gesuchten Widerstand ergibt, ohne daß dabei noch eine Tabelle gebraucht wird.* Der aus der Rinne der Platte vorstehende Teil des Brückendrahtes wird von einer durch eine Feder angedrückten kleinen Kontaktrolle bestrichen, deren Lagerstück von einem Arme D getragen wird. Mittels des kleinen, am Ende des Armes befestigten *Handgriffes* q kann auf

diese Art die Kontaktrolle auf jeden beliebigen Punkt des *Brückendrahtes X* eingestellt werden. Der Übergangswiderstand von der Rolle zum Brückendraht ist für die Genauigkeit der Messung ohne Einfluß, weil er im Batteriekreise liegt.

Fünf Klemmen, welche zur Anlegung der von außen kommenden, das Instrument mit der Batterie, den zu messenden Widerständen usw. verbindenden Drähte bestimmt sind, liegen in einem Ausschnitt der Schieferplatte. Die Klemmschraube *V* steht, wie in dem Schaltungsschema zu erkennen, in keiner leitenden Verbindung mit dem übrigen Stromlaufe des Instrumentes, vielmehr wird sie erst durch das Niederdrücken des Tasters *T* und der damit verbundenen kleinen Kontaktfeder mit der Klemmschraube *II* in Berührung gebracht. Man hat es dadurch in der Gewalt, die Batterie nur momentan auf das Galvanometer wirken zu lassen und lang andauernde, die Drähte erwärmende Einwirkungen des Stromes zu vermeiden. Die Klemmschraube *I* steht mit dem Arme *D* und durch diesen mit der Kontaktrolle in leitender Verbindung, zwischen *III* und *IV* befindet sich ein Stöpselloch.

Die übrigen Verbindungen im Instrumente erhellen ohne weiteres aus der Figur.

Für Nebenschlußmessungen dienen kupferne Verbindungsbügel, die stets an Klemme II und IV zu liegen kommen, wobei Stöpsel III/IV gezogen ist.

Diese Nebenschlüsse reduzieren die Empfindlichkeit des Galvanometers bezw. auf 1/10, 1/20, 1/50, 1/100, 1/200, 1/500, 1/1000, 1/2000, 1/5000, 1/10000 und 1/20000 des ursprünglichen Wertes.

Zu dem Instrumente gehören außerdem noch:

1. Nebenschlüsse:

1/9	Ω (Messung	bis	1,5	A),	1/999	Ω (Messung	bis	150	A),
1/19	„	„	3	„	1/1999	„	„	300	„
1/49	„	„	7,5	„	1/4999	„	„	750	„
1/99	„	„	15	„	1/9999	„	„	1500	„
1/199	„	„	30	„	1/19999	„	„	3000	„
1/499	„	„	75	„					

2. Ein Nebenschlußstöpsel (1/9 Ω). Derselbe wird in Loch I gesteckt und reduziert den bezüglichen Widerstand auf 0,1 Ω (Widerstandsmessung bis auf 0,002 Ω), wie bereits erwähnt.

3. Ein Widerstandsstöpsel für das Loch zwischen *III* und *IV*. Derselbe enthält 300 Ω Widerstand und wird bei der Bestimmung des Widerstandes von Elementen gebraucht.

4. Ein Transportkasten mit 72 in Abteilungen geschalteten Elementen für Isolationsbestimmungen.

5. Ein Batteriewähler. Derselbe dient dazu, um in bequemer Weise mehr oder weniger Elemente der Batterie einzuschalten.

Die Messungen gestalten sich nun folgendermaßen:

Figur 3a. *Bestimmung von Drahtwiderständen* von 0,002—30000 Ω. Die beiden Enden des zu messenden Widerstandes werden an die Klemmen *II* und *III* und die Pole der Meßbatterie an die Klemmen *I* und *V* (eventl. unter Benutzung des Batteriewählers) gebracht; das Loch zwischen *III* und *IV* wird gestöpselt (mit dem gewöhnlichen Stöpsel) und der Stöpsel bei *y* gezogen; durch Ziehen eines oder mehrerer Stöpsel 1, 9, 9, 900 oder durch Einschalten eines solchen von ¹/₉ Ω in Loch I wird ein Vergleichswiderstand von bezw. 0,1, 1, 10, 100 oder 1000 Ω hergestellt.

Nun drückt man auf den Knopf des Tasters *T* und erhält einen Ausschlag des Zeigers. Man verschiebt alsdann den Index *n* und schließt den Taster wieder und so fort, bis kein Ausschlag des Zeigers mehr erfolgt.

Dann liest man einfach die Zahl ab, bei welcher der Index steht, und multipliziert dieselbe mit dem gezogenen Vergleichswiderstand (0,1, 1, 10, 100 oder 1000). Diese Zahl ist genau der gesuchte Widerstand in int. Ohm.

Der Widerstand von Elektrolyten läßt sich annähernd bestimmen, wenn man in das Loch zwischen *III* und *IV* den Stöpsel von 300 Ω einführt, *y* öffnet und den zu messenden Elektrolyten an die Klemmen *II* und *III* anlegt (ist der Widerstand einer Batterie zu bestimmen, so bildet man zwei möglichst gleiche Gruppen von Elementen und schaltet dieselben gegeneinander) und den Index solange verschiebt, bis mit und ohne Drücken des Tasters *T* der Ausschlag derselbe bleibt; der Widerstand des Elektrolyten wird alsdann auf ganz dieselbe Art bestimmt, wie oben der Widerstand eines Drahtes.

Figur 3b, c. *Isolationsbestimmungen von Leitungsnetzen bezw. Widerstandsmessung von 30000 Ω aufwärts.* Man öffne alle Stöpsellöcher mit Ausnahme von *y* und I, lege nun die Meßbatterie an die Klemmen *IV* und *V* (bezw. bei höheren Spannungen unter Einschaltung eines Tasters an die Klemmen des Verbindungsbügels, welcher an *II* und *IV* angelegt worden ist) und bestimme, indem man auf die Taste *T* bezw. den eingeschalteten Taster drückt, die Spannung der Batterie (siehe auch unter 3*e*). Hierauf entferne man den einen Pol der Batterie und verbinde denselben mit Erde. An die jetzt frei gewordene Klemme lege man die Leitung, deren Isolation bestimmt werden soll (hat dieselbe Verbindung nach Erde, so ist diese vorher aufzuheben).

Da die Spannung der Meßbatterie, sowie die durch das Instrument fließende Stromstärke (1 Teilstrich = 1 Milliampère) bekannt sind, so kann man den Widerstand nach dem Ohmschen Gesetz berechnen, z. B. die Meßbatterie bewirkt nach Drücken der Taste *T* einen Ausschlag des Zeigers von

s = 105 Skalenteilen (s = 105 Volt); der Ausschlag, nachdem man die zu messende Leitung angelegt hat, betrage $P = 0{,}3$ Skalenteile, so ist

$$W = 1000\left(\frac{s}{P} - 1\right) = 1000\left(\frac{105}{0{,}3} - 1\right) = 349000\ \Omega.$$

Nimmt man an, daß ein Ausschlag von einem Zehntel Skalenteil noch zu erkennen ist, so würde diesem Ausschlage bei einer Meßbatterie von 100 Volt ein Isolationswiderstand von 1 Million Ohm entsprechen.

Figur 3d. *Fehlerbestimmung an Leitungen.* Die Enden der fehlerhaften Leitung werden an die Klemmen *II* und *III* gelegt. An Klemme *I* kommt ein Taster *t*, an diesen der eine Pol der Batterie, der andere Pol an Erde; sehr zu empfehlen ist die Einschaltung einer Vorrichtung zum Wechseln der Batteriepole. Klemme *V* wird nicht benutzt. Das Loch zwischen *III* und *IV* ist zu stöpseln, ebenso die Stöpsellöcher der Vergleichswiderstände; Loch *y* ist zu öffnen. Man sucht jetzt die Stellung des Index *n*, bei welcher der Zeiger auf Null zeigt; hat die Leitung selbst Strom, so sucht man die Stellung, bei welcher mit und ohne Batteriestrom der Zeiger dieselbe Ablenkung zeigt. Man mißt mit kräftiger Batterie, nicht zu kurzen Strömen und mit Wechsel der Batteriepole.

Ist x dann die Entfernung der Fehlerstelle von Klemme *III*, z diejenige von Klemme *II*, so liest man $\frac{x}{z} = u$ direkt ab und hat, wenn l die Länge der Leitung bezeichnet:

$$x = l\,\frac{u}{1+u}$$

$$z = l\,\frac{1}{1+u}.$$

Figur 3e. *Gebrauch als Spannungsmesser.* Die Löcher 9, 90 und 900, sowie das zwischen Klemme *III* und *IV* sind zu öffnen; Loch I und *y* ist geschlossen zu lassen. Die zu messende Spannung wird an die Klemmen des Verbindungsbügels angelegt, welcher an den Schrauben *II* und *IV* angeschraubt worden ist. Erfolgt der Ausschlag des Zeigers nach links, so vertausche man die Leitungsenden. Ist der Ausschlag kleiner als 15 Skalenteile, so stöpsele man nach und nach die Löcher 900, 90 und 9 in der angegebenen Reihenfolge. bis man einen passenden Ausschlag erhält.

Beim Ablesen beachte man:

1. 1 Teilstrich = 1 Volt, wenn 9, 90 und 900 offen sind (Gesamtwiderstand des Instrumentes = 1000 Ω);
2. 1 Teilstrich = 0,1 Volt, wenn 9 und 90 offen sind (Gesamtwiderstand des Instrumentes = 100);

3. 1 Teilstrich = 0,01 Volt, wenn 9 offen ist (Gesamtwiderstand des Instrumentes = 10 Ω);
4. 1 Teilstrich = 0,001 Volt, wenn alle Stöpsellöcher außer dem zwischen Klemme *III* und *IV* geschlossen sind (Gesamtwiderstand des Instrumentes = 1 Ω).

Bei Benutzung eines besonderen Vorschaltwiderstandes für Messung von Spannungen über 150 V müssen ebenfalls die Stöpsellöcher 9, 90, 900 geöffnet sein. Die Meßgrenze erweitert sich dann bei Vorschaltung

von 1000 Ω um das zweifache, d. h. bis 300 V (1 Teilstrich = 2 V)
„ 4000 „ „ „ fünffache, „ „ 750 „ (1 „ = 5 „)
„ 9000 „ „ „ zehnfache, „ „ 1500 „ (1 „ = 10 „).

Bei Spannungs- und Strommessungen ist die Wahl der Empfindlichkeit vor der Messung genau zu überlegen, da durch ein falsches Stöpseln das Instrument verbrannt werden kann.

Figur 3f. *Gebrauch als Strommesser.* Das Loch zwischen Klemme *III* und *IV* ist zu öffnen, alle anderen durch Stöpsel zu schließen. Der Nebenschluß (zunächst der vom kleinsten Betrage, d. h. der für den stärksten Strom) wird an den früher erwähnten Verbindungsbügel geschraubt, welcher an Klemme *II* und *IV* angebracht wurde. Die beiden Enden des Stromkreises, dessen Stärke gemessen werden soll, sind mit den am Nebenschluß befindlichen Knebelschrauben festzuklemmen.

Ist der Ausschlag des Zeigers zu klein, so nehme man einen Nebenschluß von größerem Betrage. Bei Stromstärken unter 0,15 A verwendet man keinen Nebenschluß und legt die betreffenden Drahtenden an die Klemmen des Verbindungsbügels direkt an.

Tafel 100.

Figur 1. Zur Messung *kleinerer Widerstände* verwendet man vorteilhaft die *Thompsensche Doppelbrücke.* Das vorliegende Schema stellt eine Ausführung der Firma „Hartmann und Braun“ dar.

Die *Gebrauchsanweisung* ist folgende: Der zu messende Widerstand wird in die Klemmen K_1 und K_2 der Einspannvorrichtung geschraubt; ein empfindliches Galvanometer von niederem Widerstand wird an *GG*, die Stromquelle an *BB* gelegt. In den Vergleichsrheostaten wähle man durch Ziehen der entsprechenden Stöpsel passende, jedoch unter sich gleiche Verhältnisse. Alsdann verschiebe man den Schieber S_2 auf dem in Tausendstel Ohm geeichten Meßdraht, bis bei wiederholtem Schließen und Öffnen der Doppelschlüssel *T* das Galvanometer keinen Ausschlag mehr zeigt. Bezeichnet man das Verhältnis der Widerstände $\frac{r_1}{r_2} = \frac{r_3}{r_4}$ mit n und den am Schieber S_2 abgelesenen

Widerstand mit r, so ist der durch S_1 und S_2 abgegrenzte Widerstand $x = r \cdot n$. Ist der zu messende Widerstand größer als 0,1 Ohm, so vertausche man die an 10 und 1000 liegenden Kabel und dividiere durch n, also $x = \frac{r}{n}$.

Figur 2 gibt das Schaltungsschema eines von „S. & H." gebauten *direkt zeigenden Ohmetors* an. G ist das Galvanometer, zwischen K und K wird der zu messende Widerstand eingebaut. *4 V, 2 V, 2 V* sind Batterien von entsprechender Spannung, W Meßwiderstände, G ein Galvanometer, T Stromtaster.

Beim Arbeiten mit dem Apparat verfährt man folgendermaßen. Man verbindet den Apparat wie im Schema mit den Batterien und orientiert sich über das Meßbereich, welches zu benutzen ist. Dann stellt man den doppelpoligen Umschalter auf *1, 3, 5*, drückt die Kurzschlußtaste T und reguliert die Zeigerstellung auf Null ein, worauf die Messung des Widerstandes x ermittelt, indem man T herunterdrückt, dann die Taste bei c niederdrückt und die Zeigerstellung bei G abliest. Jetzt läßt man die letzte Taste los und öffnet dann bei T den Stromkreis.

Figur 3 und 4. Zu *Fehlerortsbestimmung nach der Schleifenmethode* dient eine besondere Meßbrücke von „Hartmann & Braun".

In Figur 3 ist das Schema *einer einfachen Schleifendrahtbrücke* angegeben.

Zum Zweck einer Messung verbindet man das zu prüfende Kabel mit den Klemmen K_1 K_2, während das Galvanometer an beide G-Klemmen, und die Meßbatterie einerseits an die zum Taster führende Klemme B und anderseits an Erde gelegt ist.

Man verwendet am besten ein Drehspulgalvanometer mit Zeigerablesung von mäßigem Widerstand und als Stromquelle 2—4 Elemente bezw. 1 oder 2 kleine Akkumulatoren.

Nach erfolgter Einstellung von Kurbel und Schleifkontakt liest man an dem festen Index direkt den Fehlerort von dem an K_1 gelegten Kabelende an gerechnet in Zehntausendsteln der aus den Leitungsplänen bekannten oder zu ermittelnden Länge des zu prüfenden Kabels ab, wobei die erforderlichen Leitungen zwischen Kabelenden und Apparat auf gleichwertige Kabellängen zu reduzieren sind.

Auch zu gewöhnlichen Widerstandsmessungen in den Grenzen von 0,01 bis 10 000 Ohm ist der Apparat verwendbar, da in seinem Sockel noch ein Vergleichswiderstand von 10 Ohm untergebracht ist, sodaß man bei Mitbenutzung des letzteren drei Zweige der Brückenschaltung zur Verfügung hat (Fig. 4).

Bei einer derartigen Widerstandsmessung wird, gemäß dem Schema, der zu messende Widerstand an die Klemmen xx gelegt, während die beiden Galvanometerleitungen an G und die beiden Batterieleitungen an die B-Klemmen angeschlossen sind. Nach hergestelltem Gleichgewicht findet man $X = \frac{10 \cdot a}{10000 - a}$ wo a den direkt an beiden Indices abgelesenen Wert bedeutet.

Es empfiehlt sich, die Kontaktplatte der Zusatzwiderstände zeitweise sorgfältig zu reinigen.

Tafel 101.

Figur 1. Für *Isolationsmessungen an stromlosen Leitungen bezw. Fehlerbestimmungen* kommen hauptsächlich die verschiedenen Brückenmethoden und die Nebenschlußmethode in Betracht. Für Messungen, die keiner großen Genauigkeit bedürfen, bedient man sich noch des *Galvanoskops Gk.* Dieses besteht aus einem gewöhnlichen Galvanometer G mit frei schwingender Magnetnadel in Verbindung mit einer Akkumulatorenbatterie. Die Schaltung zeigt die Figur; zwischen G und Kabel b schaltet man noch ein oder zwei Widerstände, welche nach Belieben in Gebrauch genommen werden können und nach deren Höhe sich die Empfindlichkeit von G regulieren läßt. Besteht nun bei x im Kabel b ein Fehler F, so wird ein Strom von F zu E fließen, der sich nach der Größe des Fehlers richtet. Die Nadel des Galvanometer G wird hierdurch abgelenkt und zeigt auf einer Skala den Ausschlag in Graden, die sich dann je nach vorgeschaltetem Widerstande von G auf den Isolationswiderstand in Ohm übertragen lassen.

Figur 2. Bei der Fehlerbestimmung mit der *Schleifen- oder Brückenmethode,* die auf dem Prinzip der Wheatstoneschen Brücke beruht, werden die Kabel, in denen der Fehler sich befindet, bei V zur Schleife verbunden, während an den anderen Enden bei A und B ein Widerstandsdraht Z ausgespannt wird; zwischen A und B wird ferner das Galvanometer G mit Taster t angelegt, während die Batterie einmal an Erde E das andere Mal über Taster t_1 mit einem Schleifkontakt C an Z anliegt. Es verhält sich jetzt, wenn bei F der Fehler liegt, und m eine Länge des gleichstarken Zweileiters ist, und wenn C an Z soweit verschoben ist, daß bei Schließen von t_1 und t bei G kein Ausschlag mehr erfolgt:

$x : 2\,m = y : Z$ oder $x = 2\,m \cdot \frac{y}{Z}$, d. h. dieser Fehler ist um x vom Punkte B entfernt. *Bei verschiedenem Querschnitt q und q_1 der Kabel* muß natürlich der eine durch Längenveränderung auf den Widerstand des anderen zurück

gebracht werden, sodaß diese zweite Länge $m_1 = \frac{q}{q_1} \cdot m$ ist. Bei gleicher Länge der beiden *ungleich starken Kabel* kann man jedoch die erste Formel folgend umgestalten:

$$x = \left(m + m_1\right) \cdot \frac{y}{z}; = \quad x = \left(m + m \cdot \frac{q}{q_1}\right) \cdot \frac{y}{z} = x = m\left(1 + \frac{q}{q_1}\right)\frac{y}{z}.$$

Figur 4. Die erwähnte *Messung nach der Brückenmethode* kann man auch einfacher gestalten, wenn man ein Stöpsel- oder ein Kurbelrheostat *mit bekannten Wiederständen* W zur Hand hat. In diesem Falle wird die Batterie in die Mitte C des Widerstandsdrahtes Z gelegt, wie Figur zeigt. Die Bezeichnungen sind dieselben wie in Figur 2. Die Verwendung von zwei Tastern wurde bereits Tafel 99, Figur 1a näher erklärt. Zweckmäßig ist es noch, hier wie bei allen Messungen mit Meßbatterie in die Zuleitungen derselben einen Polwender zu legen und jede Messung mit beiden Stromrichtungen vorzunehmen.

Hat man nun nach Schaltung in Figur 1 durch Änderung von W Stromlosigkeit von G erreicht, so muß der Widerstand von $W + x =$ dem von $2\,m - x$ sein, d. h.

$$x + W = 2\,m - x, \quad = x + x = 2\,m - W, \quad = 2\,x = 2\,m - W$$
$$= x = m - W.$$

Da nun meistens die Größe $2\,m$ nicht bekannt ist, muß man dieselbe messen, indem man die Schaltung genau so läßt, wie sie vorher angegeben, und nur den Pol der Batterie, der an Erde lag, mit B verbindet. W wird in diesem Falle der Vergleichswiderstand einer Brücke und da das Verhältnis der Brückenwiderstände $\frac{AC}{CB} = 1$ ist, so wird man, wenn W so gestöpselt ist, daß G nach Schließen von t_1 und t nicht mehr ausschlägt, bei W den Widerstand von $2\,m$ bestimmen.

Figur 4. Außer der Brückenmethode wendet man die *Isolationsfehlerbestimmungen nach der Spannungsabfallmethode* an; hierzu benötigt man eines Galvanometers G von bekanntem Widerstande, vor das ein hoher Widerstand W (cf. Tafel 99, Figur 2—3) geschaltet wird, ferner eines Umschalters U, eines Stromschlüssels t, eines empfindlichen Ampèremeters, und schließlich eines regulierbaren Widerstandes R, der die Stromstärke der Akkumulatorenbatterie B konstant erhält. Die einzelnen Verbindungen der Apparate mit den Kabeln a, b ergibt die Figur, in der C eine Hilfsleitung ist. Die Messung geschieht nun folgendermaßen:

Man schließt t und reguliert die Stromstärke von B auf einen passenden Wert (etwa 1 A) und schaltet dann Umschalter U abwechselnd auf die mit

den Endpunkten der Kabel a, b verbundenen Kontakte, gleichzeitig den Ausschlag bei G kontrollierend. Das Verhältnis dieser so erhaltenen Größen sei nun $\frac{s}{s_1}$, dann verhält sich, vorausgesetzt, daß a und b gleichen Querschnitt haben, q und q_1 $\frac{s}{s_1} = \frac{x}{a}$ oder $x = a \cdot \frac{s}{s_1}$ oder bei verschiedenem Querschnitt

$$x_1 \cdot \frac{q}{q_1} = a \cdot \frac{s}{s_1}; \quad x_1 = a \cdot \frac{s}{s_1} \cdot \frac{q_1}{q}.$$

Hier sei noch bemerkt, daß eine genaue Messung stets von der richtigen Wahl des Galvanometers, der Meßbatterie, Strommessers, Regulierwiderstand usw. abhängt, um entsprechend der Länge und Stärke der Kabel, sowie des Fehlers F stets einen genügenden Spannungsabfall zu bewirken.

Figur 5. Die oben genannte Methode kann man auch mit geringer Änderung des Umschalters für *Dreileiteranlagen* verwenden, doch empfiehlt sich hier folgende ebenfalls auf dem *Prinzip der Spannungsabfallmessung* beruhende Schaltung. Diese entspringt der Möglichkeit, daß der Widerstand von F sich während der Messung verändern kann. Übrigens muß F möglichst groß sein, da sonst zu schwache Ausschläge eintreten. Eventuell läßt man vor der Messung einen Strom vom fehlerhaften Kabel über Erde zu F gehen, d. h. schaltet die Batterie zwischen E und fehlerhaftes Kabel, wodurch der Fehler vergrößert wird.

Für die Messung verwendet man aus erstgenanntem Grunde nun nicht ein Galvanometer, sondern zwei solcher bezw. zwei Präzisionsvoltmeter PV PV, wie Schema zeigt. Die übrigen Bezeichnungen sind bekannt.

Hierdurch erhält man die Möglichkeit, beide Beobachtungen gleichzeitig machen zu können.

Figur 6. In manchen Fällen steht *für die Messung* jedoch *nur ein Kabel A zur Verfügung* und ist es auch nicht möglich, eine Hilfsleitung zu ziehen. Hier muß man dann allerdings ohne Beanspruchung allzugroßer Genauigkeit zu folgender Schaltung greifen.

A ist das fehlerhafte Kabel, F die Fehlerstelle, W_1 W_2 die hohen Widerstände der einander gleichen Präzisionsvoltmeter PV_1 PV_2, U ein Umschalter, R Regulierwiderstand, um Batterie B auf stets gleicher mit Ampèremeter A zu messender Stromstärke zu erhalten. b ist ein Meßdraht von bekanntem Widerstande. Jetzt werden zunächst nach Herstellung der Verbindungen die Ausschlüsse bei PV_1 durch Umschaltung von U verglichen und zwar zunächst in Stellung ohne, dann in Stellung mit Erde, dies ergibt die Ablesung s und s_1, hierauf wird bei PV_2 abgelesen, woraus s_2 folgt. Jetzt verhält sich $\frac{s_1 - s_2}{s} = \frac{x}{b}$ oder $x = b \cdot \frac{s_1 - s_2}{s}$.

Bei allen Messungen ist genau auf sorgfältige Ausführung der Verbindungsstellen zu achten, ebenso dürfen anderweitige Ströme die Messungen nicht beeinflussen. Enthält das Kabel mehrere Fehlerstellen, so muß man nach Teilung desselben diese aufsuchen.

Figur 7. Sind *bei einem einzeln liegenden Kabel* die Endpunkte AB zugänglich, so ist die *Auffindung des Fehlers* bedeutend erleichtert. Zwischen $A\ B$ wird das Galvanometer G mit Widerstand W geschaltet und parallel hierzu ein Draht gespannt, an dem mit C verschiebbar die Batterie B liegt, die anderseits mit Erde E verbunden; C wird nach Stromschluß solange verschoben, bis G stromlos ist. In dem Verhältnis von $AC : AB$ (über C) hat man das Verhältnis der Fehlerstellen von $AF : AB$; hierdurch läßt sich F leicht ermitteln. Es verhält sich

$$\frac{x}{l} = \frac{m}{m + m_1}; \quad x = l \cdot \frac{m}{m + m_1}.$$

Figur 8 a, b c. Die *einfachste* allerdings auch primitivste *Isolations- und Erdschlußmessung,* wie sie für dauernde Beobachtung an Schalttafeln angebracht wird, sehen wir in *Figur 8a* für eine Dreileiteranlage. Ω ist ein nach Ohm geeichtes Voltmeter; es mißt jedoch bei isoliertem Mittelleiter nur für eine Spannung (Außenleiter) richtig, und ist der eventuelle Ausschlag bei Null entsprechend der Spannungsveränderung zu reduzieren. Den Fehler findet man, wie früher bei den automatischen Spannungsmeldern beschrieben.

In Figur 8 *b* erkennt man den Isolationszustand an den beiden Glühlampen, welche in normalem Betrieb gleich hell brennen. Hat aber ein Pol Erde, so wird die an diesem Pole liegende Lampe dunkler brennen, die andere dagegen heller.

Figur 8 *c* gibt schließlich ein allerdings mit Vorsicht anzuwendendes Verfahren, den Fehler auszubrennen. Man legt den vereinigten Pol von Sicherung S und Glühlampen Gl an die gesunde Leitung, den Hebel des Umschalters (f. starke Ströme) an Erde; dann prüft man zuerst auf Glühlampenstellung I, sodann auf Stellung II. Die Sicherung S wird zunächst klein genommen. Je nachdem jetzt die den fehlerhaften Stromkreis sichernde Patrone stärker oder schwächer ist, wird diese durchbrennen, oder Sicherung S, da wir über S, Erde, F einen Kurzschluß herstellen. Schmilzt nun S zuerst, so verstärken wir sie bei jedem Versuch immer mehr, bis die Stromkreissicherung durchgeht, wodurch wir in die Lage versetzt sind, in einem großen Netz den fehlerhaften Stromkreis heraus zu finden, vorausgesetzt, daß der bemerkte größere Fehler nicht durch verschiedene kleinere bedingt wird. Nach Abschaltung des Stromkreises vom Netz geschieht die weitere Prüfung mittels Batterie und Galvanometer.

Figur 9. Die *Isolationsmessungen mit der Netzspannung*, welche ja auch durch die Verbandsvorschriften verlangt werden, haben den Vorteil einer größeren Genauigkeit, insbesondere aber die Sicherheit, daß Fehler, die z. B. bei einem neu installierten Leitungsnetz mit dem Galvanoskop nicht entdeckt werden, jetzt zu Tage treten, und so ein Kurzschluß beim Inbetriebsetzen der Anlage vermieden wird. Das Schema für diese Schaltung zeigt die Dynamo bezw. Batterie als Stromquelle, sowie ein Weston Voltmeter V, welches einmal an den —Maschinenpol (weil mit —Strom gemessen der Isolationswiderstand geringer ist) und einmal bei b an das durch c kurz geschlossene Netz gelegt wird. Automat SA ist natürlich ausgeschaltet. Verbinden wir jetzt Punkt a mit b, so wird V die Netzspannung v_1 zeigen, anderseits bei Verbindung von a mit Erde eine dem Isolationsfehler entsprechende niedrige Spannung v_2. Wir messen daher den Netzisolationswiderstand durch den Spannungsunterschied. Da wir den Widerstand w vom Voltmeter V kennen, so erhalten wir den Isolationswiderstand W aus dem Produkt von w und den beiden Ablesungen v_1 v_2 minus dem Widerstand von V, d. h.

$$W = w \cdot \frac{v_1}{v_2} - w.$$

In derselben Weise prüft man eine Dreileiteranlage mit isoliertem Mittelleiter; bei geerdetem Mittelleiter liegt V an dem —Außenleiter, 0 des Netzes wird nicht mit + und — verbunden, und 0 der Stromquelle dient als Erde. Für den Isolationswiderstand ergibt sich dieselbe Formel.

Figur 10. In der *Isolationsmessung während des Betriebes nach der Nebenschließungsmethode* nach Fröhlich schaltet man ein Galvanometer G oder besser ein Präzisions-Milli-Volt- und Ampèremeter mit Nullpunkt in der Mitte von sehr hohem Widerstand W zwischen Erde und eine Leitung L; man erhält jetzt einen Ausschlag $= v_1$; parallel zum Instrument legt man jetzt einen regulierten, bekannten, hohen Nebenschlußwiderstand R (Stöpsel oder Kurbelrheostat), den man so einstellt, daß der jetzige Ausschlag v_2 von $G = \frac{v_1}{2}$ ist. Der Widerstand des unter Strom stehenden Teiles von R ist jetzt gleich dem Isolationswiderstand des Netzes.

Figur 11. Will man *mit einer Wheatstoneschen Brücke* W (z. B. nach Ausführung Hartmann und Braum oder Universalgalvanometer *S. & H.*, Tafel 99, Figur 1*b* und Figur 2) mit ausgespanntem Widerstandsdraht r_1 r_2, Galvanometer G, Vergleichswiderstand r_3, Ausschalter und Glühlampenwiderstand *den Isolationswiderstand des* stromdurchflossenen *Netzes suchen*, so schaltet man die Apparate wie Figur zeigt.

Zur Messung verschiebt man nach Einstellung eines der Spannung und ungefähren Größe des Fehlers entsprechenden Widerstandes bei r_3 Kontakt c bei $r_1\ r_2$ so lange, bis G bei offenem und geschlossenem Ausschalter gleichen Ausschlag hat; dann ist das Produkt von r_3 und der Zeigerstellung von C auf der Skala, d. h. dem Verhältnis von $\frac{r_1}{r_2}$ der Isolationswiderstand W oder

$$W = r_3 \times \frac{r_1}{r_2}.$$

Bei dieser Messung stellt man also auf den „falschen Nullpunkt" ein.

Figur 12. Für die *Aufsuchung eines Isolationsfehlers* besonders in Wechselstromnetzen, während des Betriebes kann man vorteilhaft das Verfahren *mit der Fehlersuchspule* S anwenden. Diese Induktionsspule besteht aus auf einer Reihe (ca. 200) von dreieckig (3 × 1 m) gewickelten Drahtwindungen von 0,1—0,3 qmm Querschnitt, an deren Enden ein Telephon angeschlossen ist. Hält man die Spule jetzt mit einer Seite parallel zu der fehlerhaften Leitung, so wird in *Tel* ein knackendes Geräusch entstehen, weil die Spule als sekundäre Spule eines Transformators wirkt, dessen Primärspule das fehlerhafte Kabel bildet.

Die Messung bei Gleichströmen gestaltet sich nun derart, daß man zunächst an einem Erdschlußanzeiger (Figur 8) feststellt, in welchem Pole Erde vorhanden ist; den gesunden Pol verbindet man darauf über Glühlampenwiderstand W und Unterbrecher u (am besten ein Wagnerscher Hammer oder dergl.; Glocke) mit Erde. Verfolgt man jetzt mit der Spule die fehlerhafte Leitung, so wird in *Tel* ein Summen entstehen, das nach dem Fehler zu immer schwächer wird und am Fehler ganz aufhört, vorausgesetzt jedoch, daß der Leiter nicht mit einer der Induktion unterworfenen Umhüllung versehen ist; in diesem Falle wird der Ton nur leiser, um bei der Unterbrechung der Metallhülle zu verschwinden. Ist diese ununterbrochen fortlaufend, so ist der Fehler garnicht zu konstatieren, da die Induktionswirkung sich dann über das ganze Netz verteilt. Bei Wechselstromanlagen ist die Schaltung dieselbe mit Fortfall des hier ja überflüssigen Unterbrechers u.

Neuerdings verwendet man für derartige Messungen den von Hartmann u. Braun hergestellten *„Anleger nach Dietze"*, der auch für Strommessungen durch einfaches Anlegen an die Wechselstromleitung dienen kann.

Tafel 102.

Figur 1. Eine weitere *Anwendung der* zuletzt beschriebenen *Induktionsmethode* zeigt uns die Schaltung *mit* einer *Transformator*anordnung.

Haben wir z. B. ein Dreileiternetz, so legen wir an Hauptsicherung HA unter Fortlassung des betreffenden Sicherungsstreifens eine Induktionsspule I

mit primärer starker und sekundärer schwacher Wicklung. An der sekundären Wicklung ist das Telephon *Tel* angeschlossen. An einen anderen Leiter in Netz und an Erde wird jetzt ein Unterbrecher *u* mit Widerstand *W* eingeschaltet. Liegt ein Fehler in der Installation, so kann man durch weitere Vornahme von Versuchen an den Verzweigungsstellen den Fehler *F* lokalisieren.

Figur 2. Den *Widerstand an Dreileiternetzen mit geerdetem Mittelleiter* zu messen, bedient man sich folgender Schaltung:

In der Figur ist *U* ein Umschalter ohne Unterbrechung, der gleichzeitig in der Mittelstellung Kontakt 1 mit 2 und 3 verbindet, *Wi* ein Vorschaltwiderstand, *A* ein Ampèremeter von geringem Widerstand, *Wa* ein Vergleichswiderstand von der Höhe desjenigen von $Wi + A$. Gewöhnlich steht *U* auf Kontakt 2, wodurch 0 über *A* direkt an Erde liegt. Schaltet man *U* jetzt ganz aus, so wird *A* durch Vorschalten von *Wi* eine andere Ablenkung zeigen und eine zweite, wenn *U* auf 3 steht, d. h. $Wi + A$ und *Wa* parallel liegen. Die Differenz dieser Ablesungen läßt bei bekannten Widerständen auf die Höhe der Isolation schließen.

Figur 3. Bei ausgedehnten Kabelnetzen kann man sich nun nicht mit den einfachen Isolationsprüfapparaten an der Schalttafel begnügen, sondern muß für eine eingehende *ständige Kontrolle* Sorge tragen. Diese Kontrolle muß auch gleichzeitig so beschaffen sein, daß man *in der Zentrale* sofort den Fehler lokalisieren kann. Dies geschieht nun in folgender Weise *nach dem Agtheschen System:* Von den einzelnen Verteilungspunkten V_1 V_2 . . . der Speise- und Verteilungsleitungen führen die Prüfdrähte V_1 . . ., welche mit den Stromführungskabeln entgegengesetzter Polarität verbunden sind, zu Sammelschienen *S*. In einem Kabel L_1 L_2, herrscht daher zwischen Stromleitung und Prüfdraht die normale Netzspannung. Sobald also ein Fehler an einem Kabel auftritt, wird dieser sich zuerst zwischen Hauptleiter und Prüfdraht bemerklich machen. Die Prüfdrähte werden nun sämtlich über Abgleichungswiderstände *W* und Melder *m* (cf. Tafel 54, Figur 3) an gemeinsamen Sammelschienen $S -$ und $S +$ gelegt, die wieder durch ein Voltmeter verbunden sind, das bei guter Isolierung die Netzspannung angeben muß; tritt aber ein Fehler ein, so fällt die Spannung entsprechend. Außerdem wird in diesem Falle die Prüfdrahtsicherung infolge der wachsenden Stromstärke schmelzen, und gleichzeitig der Melder *m* in Tätigkeit treten, die negativen Prüfdrähte der positiven Kabel melden die Fehler der + Leitung, die positiven Prüfdrähte der negativen Kabel die Fehler der — Leitung und zwar nur für den Bezirk, über welchen sich ein Prüfdrahtsystem ausdehnt.

Figur 4. Die Verwendung der *Agthesehen Methode für Dreileiternetze* ist der soeben beschriebenen Anwendung für Zweileiternetze ähnlich und geht zur Genüge aus der Zeichnung hervor, da nur kleinere Abweichungen vorliegen. *Zl* + 0 — sind die über Sicherung *Si* führenden Speiseleitungen für die Speisepunkte *Sp I* + 0 —, *Vp I* der Verteilungspunkt *I* mit den Verteilungsleitungen $Vl_{1,2,3}$ . . ., *S* sind Prüfdrahtsicherungen, 1, 2; 3, 4; usw. die korrespondierenden Anschlüsse bezw. Verbindungen der Prüfdrähte. + *H* — *H* bedeutet positive und negative Netzhälfte, *PS* — ist die Sammelschiene für die über Abgleichungswiderstand *W* und Melder *m* laufenden negativen Prüfdrähte der positiven Kabel, *PS* + die der positiven Prüfdrähte der negativen Kabel. *VV* sind Voltmeter, die zwischen + 0, — 0 liegen, und den Isolationswiderstand angeben.

Ein eintretender Fehler, der sich ebenso wie Figur 3 beschrieben markiert, wird nun dadurch beseitigt, daß an den Verteilungskästen sämtliche Prüfdrähte gelöst und auf ihre Potentialdifferenz mit der Hauptleitung geprüft werden; diese muß nach Lösung von der Schiene = 0 sein; zeigt daher ein zwichen einen Prüfdraht und Kabel geschaltetes Voltmeter einen Ausschlag oder leuchtet eine Glühlampe auf, so ist dies die gesuchte fehlerhafte Leitung.

Figur 4a zeigt uns eine Erweiterung der vorher beschriebenen Anordnung, welche bezweckt, daß *das Eindringen von Wasser* in den Kabelkasten *in der Zentrale* früher *gemeldet* wird, als es die Hauptleitungen oder Schienen berühren kann. Dies wird dadurch erreicht, daß die von den in Kabelkästen angeordneten Prüfdrahtsammelschienen, welche alle einzelnen von den Verteilungsleitungen führenden Prüfdrähte verbinden, mit Erdplatten *EP* — 0 + verbunden sind, die in geringer Entfernung vom Boden des Kabelkastens aufgehängt sind. Sobald sich nun Wasser im Kasten ansammelt, stellt dieses zunächst eine Verbindung über die Erdplatten her, bringt die beiden Prüfdrahtsicherungen zum Schmelzen und schließt einen Stromkreis über positive Prüfdrahtsammelschiene, + Prüfdraht, *E*, — Prüfdraht, negative Prüfdrahtsammelschiene, gleichzeitig den Fehler durch Fallen der beiden Klappen des + und — Melders des betreffenden Kabelkastens anzeigend.

Figur 5. In derselben ist *das Agthesche Meldersystem nach der Kallmannschen Methode* dahin *erweitert*, daß die 0-Leiter ebenfalls Prüfdrähte erhalten, die in den Kabelkästen geerdet sind, die Prüfdrahtsammelschiene *PSO* liegt ebenfalls an Erde; die Bezeichnungen sind dieselben wie in Figur 4. Diese Störungsmeldung arbeitet daher infolge der bei Erdschluß in der Erde auftretenden schwachen Ströme, welche durch die Potentialdifferenz an den verschiedenen Stellen hervorgerufen werden und die Meldeapparate in Tätigkeit setzen.

Tritt nun an irgend einer Stelle ein Fehler auf, so entsteht ein Spannungsunterschied zwischen der Erdleitung und dieser Stelle bezw. der umliegenden Erde, sodaß in dem betreffenden Prüfdraht ein Strom entsteht, der den Melder in Tätigkeit setzt; ist die Störung eine größere, so können auch die Prüfdrähte der benachbarten Melder in Tätigkeit treten: die Auffindung des Fehlers geschieht nun, indem man an der Prüfdrahtsammelschiene die Spannungsdifferenz von Erde zu den Prüfdrähten der gefallenen Klappen mißt, wobei der größte Zeigerausschlag den der Störung zunächstliegenden Kabelkasten anzeigt.

Diese Methode*) wurde früher bei dem Kabelnetz der „Berliner Elektrizitätswerke" angewendet, doch mußte dieselbe abgeschafft werden, weil sie bei dauernden Erdströmen, wie dies beim Betrieb von elektrischen Bahnen mit Erdrückleitung der Fall ist, nicht mehr richtig arbeiten kann. In der Praxis kann dies Prinzip daher nur dort zur Anwendung gelangen, wo keine Erdströme herrschen. Da dieses nun aber wohl in keiner Stadt mit ausgedehntem Kabelnetz mehr der Fall ist, verliert das an und für sich empfehlenswerte System seine Bedeutung.

Figur 6. Die *neuere Prüfdrahtschaltung*, welche von *der „A. E.-G."* bei Umschaltung des Kabelnetzes der „Berliner Elektrizitätswerke" von 220 auf *440 Volt Außenleiterspannung* vorgenommen wurde, weil eine Spannung von 440 Volt zwischen Leiter und Prüfdraht als unzweckmäßig und gefährlich erschien, wurde derartig angelegt, daß die Prüfdrähte $P+$ und $P-$ nicht direkt an die Außenleiter der entgegengesetzten Polarität angeschlossen werden, sondern zwischen Außen- und Mittelleiter unter Zwischenschaltung von Widerständen W_1 und W_2 zu liegen kommen, sodaß zwischen Prüfdraht und Hauptleitung nur eine Spannung von $\frac{440}{4} = 110$ Volt herrscht. Die Erdplatten $EP + 0 -$ dienen ebenfalls wie früher zur Meldung von Eindringen von Feuchtigkeit in den Kabelkasten. Durch Verwendung von 220 voltigen Glühlampen kann man je nach Aufleuchten bezw. Erlöschen der betreffenden Lampen erkennen, in welcher Leitung der Fehler liegt und welcher Art derselbe ist.

Tafel 103.

Figur 1. Die *Isolationsprüfung von Serienstromanlagen für Bogenlicht* gestaltet sich dermaßen, daß parallel zu dem Bogenlampenkreis ein solcher von Glühlampen als Hilfskreis angelegt wird. Die Zahl der Glühlampen ist gleich derjenigen der Bogenlampen. Jetzt prüft man mit einem Galvano-

*) cf. Kemmann: Die Berliner Elektrizitätswerke.

meter, dessen einer Pol an Erde liegt, indem man den freien Pol zwischen den Glühlampen an die blanke Verbindungsleitung legt. Befindet sich jetzt der Fehler z. B. zwischen der 8. und 9. Bogenlampe, so wird der Ausschlag von G auf Grund des Brückensystems zwischen der 8. und 9. Glühlampe der geringste sein. Das Auffinden des Fehlers bietet somit keine Schwierigkeit mehr.

Figur 2. Eine ständige *Isolationskontrolle an Wechselstrom-Hochspannungs-Anlagen* (eventuell auch Niederspannung) erreicht man in der Weise, daß man einen kleinen Meßtransformator T mit der primären Spule P, deren Mitte an Erde gelegt ist, an das Hochspannungsnetz anschließt, während die sekundäre Spule S aus zwei durch je eine Glühlampe geschlossenen Hälften besteht; sobald nun die eine oder andere Leitung einen Isolationsfehler hat, wird eine Lampe heller aufleuchten, während sonst beide gleich hell mit halber Spannung brennen. Der Erdschluß befindet sich daher an der Leitung, die diejenige Transformatorhälfte speist, an welcher die dunklere Lampe liegt*).

Figur 3. Für die *Isolationsmessung an Wechselstrom-Niederspannungs-Kabelnetzen***), die im Betriebe sind, benutzt man superponierten Gleichstrom unter Verwendung der gewöhnlichen Gleichstrommeßapparate. MB ist eine Meßbatterie von so hoher Elementenzahl, daß ihre Spannung höher als die des Netzes ist; WV ein Weston-Millivoltmeter oder Spiegelgalvanometer mit hohem bekannten Widerstande mit Nebenschluß oder ein als Isolationsmesser geeichtes Präzisionsvoltmeter von hohem Widerstande W, U ein einpoliger Umschalter. Stellt man diesen nun zunächst auf Kontakt 1, so erhält man die Konstante des Meßinstrumentes s_1, während der Ausschlag auf Kontakt 2 die Höhe des Isolationsstromes angibt. Da der Instrumentenwiderstand aber gleich W ist, so ist der Iolationswiderstand $IW = W \cdot \frac{s_1}{s_2} - W$.

Figur 4. Die Schaltung eines *Isolationsprüfers für Wechselstrombetriebsspannung* zur Isolationsprüfung von Netzen, die nicht unter Strom stehen, zeigt diese Figur. Die Wirkungsweise des Apparates, der bis 550 Volt Spannung von der A. E.-G. gebaut wird, ist nach Dr. G. Benischke folgender:

Die primäre Wickelung P eines kleinen, im Innern des Apparates sitzenden Transformers ist bei $K_1 K_2$ an das Netz N angeschlossen, dessen Betriebsspannung zur Isolationsmessung verwendet werden soll. Dieser Umformer hat zwei sekundäre Wicklungen $S_2 S_3$, von diesen ist die eine S_3 unmittelbar mit der feststehenden Spule des nach Art eines Dynamometers ausgeführten eigentlichen Meßinstrumentes verbunden. Der zweite sekundäre

*) Herzog und Feldmann, Handbuch der elektr. Beleuchtung.

**) Nach Uppenborn.

Kreis S_2 geht durch die bewegliche Spule des Dynamometers und endet in den mit K_3 und K_4 bezeichneten Klemmen, die zum Anschluß von Installation und Erde dienen. Um nun die Isolation irgend einer installierten Leitung gegen Erde (oder der Wicklung einer Maschine gegen das Gehäuse) zu messen, werden die Klemmen des Instrumentes wie erwähnt verbunden. Die feststehende Spule bei S_3 führt demnach einen gleichbleibenden Strom und erzeugt infolgedessen ein gleichbleibendes Wechselstrommagnetfeld. Geht nun ein Strom von der betreffenden Installation zur Erde, so dreht sich die bewegliche Spule und der Zeiger schlägt auf einer in Ohm geeichten Skala aus. Man hat es bei dieser Anordnung in der Hand, die Empfindlichkeit des Instrumentes dadurch zu steigern, daß die feststehende Spule möglichst viel Ampèrewindungen erhält, was sich mit Hilfe des Umformers erreichen läßt, ohne viel Raum zu benötigen oder Spannung in einem Vorschaltwiderstand vernichten zu müssen.

Um die Bedingung zu erfüllen, daß die Messung mit der Betriebsspannung gemacht werden soll, haben die Wicklungen P und S_2 gleiche Windungszahl, es herrscht dann zwischen den Klemmen K_3 und K_4 dieselbe Spannungsdifferenz wie in dem Netz, an welches das Instrument angeschlossen ist. Die Angaben der Skala sind aber nur richtig, wenn wirklich die auf dem Instrument angegebene Betriebsspannung vorhanden ist. Infolgedessen ist es notwendig, sich bei jeder Messung davon überzeugen zu können, daß wirklich die angegebene Spannung vorhanden ist. Um das zu ermöglichen, ohne ein besonderes Voltmeter zur Hand haben zu müssen, kann man dieses Instrument gleichzeitig als Voltmeter benutzen; hierzu verbindet man die Klemmen K_3 und K_4 durch einen Draht und schließt die Klemmen K_1 K_2 wie gewöhnlich an. Für diese Schaltung gilt dann eine zweite Skala in Volt. Das Instrument hat noch folgenden besonderen Vorteil gegenüber anderen Isolationsmessern. Angenommen, man hätte eine Installation zu prüfen, die noch nie unter Spannung gestanden hat — und das ist ja gerade der häufigste Fall, wo Isolationsmessungen zu machen sind — und es sei in dieser bei der Montage ein grober Isolationsfehler gemacht worden, so wird der Isolationszustand untersucht, ohne daß die betreffende Installation mit dem Netz verbunden oder das Netz selbst an Erde gelegt werden müßte.

Figur 5a, b. Um nun eine dauernde *Kontrolle von Wechselstromnetzen* zu haben, bedient man sich der bereits früher besprochenen Apparate (z. B. Figur 2, Tafel 101, Figur 8b usw.), bei welcher Glühlampen oder an Stelle derselben auch als Isolationsmesser geeichte Wechselstromvoltmeter zur Anwendung kommen.

Die Figur zeigt uns nun noch eine Verwendung dieser Apparate (ω) *bei Hochspannung* und zwar *a* bei Wechselstrom, *b* bei Drehstrom. In beiden

Fällen sind die Intrumente an die sekundäre Wicklung eines kleinen Meßtransformators *T* angeschlossen und die primäre Wicklung dieses Transformators ist zwischen Netz und Erde geschaltet (bei Wechselstrom über *U*, bei Drehstrom an den Nullpunkt). Hierdurch wird vermieden, daß die Umschalter und Instrumente selbst Hochspannung führen.

Figur 6. Zur Sicherheit des Betriebes ist es notwendig, daß ebenso, wie ein sich einstellender Isolationsfehler sich sofort bemerkbar machen muß, auch eine zu hohe oder zu niedrige Spannung auf optischem oder akustischem Wege sofort gemeldet wird, sofern die Regelung der Spannung nicht durch die früher beschriebenen automatischen Apparate mit Relais und Schaltwerk geschieht; aber auch in diesem Falle ist es zweckmäßig, noch einen *Spannungsmelder* angeschlossen zu haben, um sich von dem Funktionieren der Automaten überzeugen zu können.

Diese *Spannungsmelder* — in der Figur ein solcher der *Firma „Siemens & Halske* — bestehen nun aus einem in der Schaltung von den bereits früher beschriebenen nur bezüglich der größeren Einfachheit abweichenden Relais. Die Solenoidspule *S* zieht entsprechend der Spannung den Anker *A* an oder läßt ihn fallen, hierbei einen Kontakt über + Netz *a* oder *b* einen Wecker *We*, Glühlampe *Gl* herstellend; die beiden Wecker haben eine hoch- und eine tieftönende Glocke, sodaß man sofort hört, ob die Spannung steigt oder fällt. Die Hilfsspule *HSp* verhindert die Funkenbildung bei *a* und *b*.

Figur 7. Man kann aber auch die Anordnung so treffen, daß *außer* der Meldevorrichtung *der akustischen Signale* auch *die* der *optischen* erreicht wird. Eine solche Schaltung zeigt die Figur in Verbindung mit einem *Relais R der Firma „E.-A.-G. v. Schuckert & Co.“* *S* ist die als Solenoid wirkende Spannungsspule, *a* ein Anker, *Gl* zwei verschiedenfarbige Glühlampen, *We* zwei Wecker nach Figur 6.

Figur 8. Die Wirkungsweise des gezeichneten *Erdschlußzeigers für Hochspannungsanlagen*, System „Schuckert“, ist folgende:

Unmittelbar hinter den ausschaltbaren Hochspannungssicherungen zweigen die Leitungen zu einer Erdschlußanzeiger-Vorrichtung ab. Bei dieser patentierten Erdschlußanzeiger-Anordnung ist es gegenüber den bisher bekannten Schaltungen unmöglich, daß Hochspannung durch irgend ein Versehen der Schaltbrettwärter in die Niederspannungsleitung übertreten kann. Bei der Messung wird Strom der Pufferbatterie *B* benutzt.

Der Vorgang bei der Messung ist folgender: Die Schalter *C* von den Stromquellen werden geöffnet. Dann wird der Ausschalter *A* geschlossen und die Erdschlußmessung der einzelnen Leitungen durch Umlegen des Schalters *U* vorgenommen. Sollte ein Schalter *C* von einer Hochspannungsstromquelle

noch versehentlich geschlossen sein, so würden durch eine Kontaktvorrichtnng bei *C* in Schema die Umschalterknöpfe *2, 3, 4* miteinander verbunden und an Erde liegen, sodaß jede Gefahr selbst bei Berühren der einzelnen Kontaktstücke ausgeschlossen ist, da letztere das Erdpotential haben, d. h. spannungslos sind.

Bei normalem Betriebe ist der dreipolige Ausschalter *A* geöffnet, der dreipolige Ausschalter *C* ist geschlossen und damit die betreffenden Strom-Schlußstücke bei *C* an Erde gelegt. Eine Messung während des Betriebes würde also in allen Stellungen des Umschalters vollkommen Erdschluß anzeigen.

Figur 9. Einen *Eisenblechprüfapparat* für die fabrikationsmäßige Eisenprüfung nach „Schuckert", zeigt das Schaltungsschema*). Herr J. A. Möllinger beschreibt den Apparat ungefähr folgendermaßen:

Zur Untersuchung werden geschlossene Eisenblechringe benutzt, und zwar werden 10 kg solcher Blechringe abgewogen und auf einem Vulkanfiberring unter Zwischenlegen von Papierringen zu einem Paket aufgeschichtet; drei Fiberbolzen dienen dabei als Führung und endlich werden durch die Bolzen drei Stifte gesteckt und dadurch die Bleche leicht aufeinander gedrückt.

Für die Messung wird solch ein Paket von 10 kg in den Apparat *A* eingelegt, dessen Wicklung geöffnet werden kann, bei dem jede Windung aus einem flexiblen Kabel und einem Stöpselkontakt besteht.

Das Eisenblech wird zur Fabrikation zugelasssen, wenn seine „Verlustziffer", d. h. die Anzahl Watt, welche in 1 kg Eisen bei einer Induktion von 10000 Linien und 50 Perioden durch Hysteresis und Wirbelströme verloren geht, einen bestimmten Wert nicht überschreitet.

Das Paket Bleche enthält, wie schon gesagt, stets genau 10 kg Blech, das spezifische Gewicht des Eisens zu 7,9 angenommen, ergibt den Eisenquerschnitt zu 14,9 qcm.

Die Figur zeigt die stationäre Anordnung, welche zur Messung benutzt wird. Bei der Messung des Paketes nimmt der Umschalter *U* die Stellung 1 ein. An die Klemmen *a b* ist immer dieselbe Wechselstromquelle, welche 35 V gibt, angeschlossen; ihre Periodenzahl beträgt genau 50. Am Regulator wird so lange reguliert, bis das Voltmeter *V* 33,1 Volt zeigt. Wenn dabei die durch das Wattmeter *W* angezeigte Wattzahl das 10-fache der zulässigen „Verlustziffer" nicht übersteigt, wird das Blech zur Fabrikation zugelassen.

Das Voltmeter schlägt bei 40 V, das Wattmeter bei 75 Watt voll aus; letzteres läßt die Watt direkt ablesen, seine Stromspule verträgt 2 A und sein Nebenschlußwiderstand beträgt ca. 1600 Ω. Das Voltmeter hat einen

*) Näheres siehe ETZ. 01.

Widerstand von ca. 800 Ω. Das Wattmeter ist mit einer Kompensationswicklung *(k)* versehen; sie ist auf die Hauptstromspule aufgewickelt und, wie Figur zeigt, an die Zuleitungen angeschlossen, sodaß sie die Wirkungen der ersteren aufzuheben sucht. Der Vorschaltwiderstand *W* ist so gewählt, daß das Wattmeter keinen Ausschlag zeigt, wenn man den Apparat *A* abschaltet, wenn also das Wattmeter nur durch den Verbrauch im Voltmeter *V* und im Nebenschluß *n* des Wattmeters belastet wird. Es ist dann die Wirkung, welche der in *V* und *n* verbrauchte Effekt auf das Wattmeter ausübt, aufgehoben, sodaß letzteres nun die im Apparat *A* selbst verbrauchten Watt anzeigt.

Figur 10. Die *Prüfung eines* (Gleichstrom-) *Zählers* geschieht auf folgende Weise: Zwei Präzisions- (Weston) Volt- und Ampèremeter werden in der gezeichneten Weise mit dem Stromkreis des zu prüfenden Zählers verbunden. Ferner dient zu den Messungen noch ein ausschaltbarer Belastungswiderstand *BW*. *Z* ist der Zähler, *V* Verbindungsklemmen am Zählerbrett.

Bei der Vornahme der Messung kommt es nun darauf an, ohne Störung des Betriebes

1. die Apparate und *BW* anzuschließen,

2. die Installation kurzzuschließen,

3. die Zählerangabe durch Belastung mit *BW* mit der der Apparate zu vergleichen. Dies wird nun dadurch erreicht, daß an die im gewöhnlichen Betriebe freien Klemmen 3 und 6 die Apparate und *BW*, wie Schema zeigt, angeschlossen werden. Hierauf wird 1, 2 und 4, 5 kurzgeschlossen, sodaß das Netz direkt Strom erhält, und die Verbindungen 2 und 3, 5 und 6 gelöst. Durch Einschalten des Belastungswiderstandes kann jetzt der Zähler unabhängig von der Installation geprüft werden. Hierzu bedient man sich noch eines Chronometers.

Während man diesen jetzt, gleichzeitig den Stand (1) des Volt- und des Ampèremeters notierend, in Betrieb setzt, zählt man eine gerade Zahl von Schwingungen ab, notiert dann Schwingungs- und Sekundenzahl, wiederum Spannung (2) und Stromstärke (2) nachsehend. Zwischen den Ablesungen von Spannung 1 und 2 sowie Stromstärke 1 und 2 nimmt man das arithmetische Mittel und erhält die prozentuale Abweichung von der Richtigkeit, indem man die Zahl, welche sich aus:

$$\frac{\text{Zählerkonstante} \times \text{Volt} \times \text{Ampère} \times \text{Sekunden}}{\text{Schwingungen} \times 600 \text{ (bezw. 60 s. später)}}$$

ergibt, zu 100 in Vergleich stellt; ist dieselbe also z. B. 102,7, so zeigt der Zähler 2,7% zu viel an, umgekehrt würde 2,7% zu wenig der Zahl 97,3 entsprechen.

Zur Auflösung der obigen Formel nehmen wir an, daß der Zähler während t Sekunden, n Schwingungen (oder Umdrehungen oder Schwingungsunterschiede der Pendel beim Aronzähler) macht, und die *Zählerkonstante* k die Zahl der Schwingungen beim Durchgang von *1000 Watt pro Minute* angibt. Dann ist eine Umdrehung oder Schwingung pro Minute $= \frac{1000}{k}$ Watt und $\frac{n}{t} \cdot 60$ Schwingungen pro Minute $= \frac{1000}{t} \cdot \frac{n \cdot 60}{t}$ Watt. $\frac{n \cdot 60}{t}$ ist aber die Schwingungszahl, welche sich aus dem Verhältnis $\frac{n}{t}$ mal 60 Sekunden pro Minute ergibt.

Die vom Zähler angegebene Belastung von $\frac{60000 \cdot n}{k \cdot t}$ muß aber für dieselbe Zeit gleich sein der abgelesenen Volt $V \cdot$ Ampèrezahl A, sodaß $\frac{60000\ n}{k \cdot t} = \mathrm{V} \cdot \mathrm{A.}$, oder $\frac{60000\ n}{k \cdot t \cdot \mathrm{V} \cdot \mathrm{A.}} = 1$ ist.

Für die Bestimmung der prozentualen Genauigkeit gestaltet man die Formel zur folgenden:

$$\frac{k \cdot t \cdot \mathrm{V} \cdot \mathrm{A.}}{600 \cdot n} = 100.$$

Ist die *Zählerkonstante für Hektowattstunden* angegeben, so verändert sich die Formel nach vorstehendem natürlich zu:

$$\frac{k \cdot t \cdot \mathrm{V} \cdot \mathrm{A.}}{60 \cdot n} = 100.$$

Tafel 104.

Figur 1. Zur *Sicherung der Freileitungen gegen Blitzgefahr und atmosphärische Ladungen* versieht man diese mit Blitzableitern, welche

1. im normalen Betriebe keinen Stromübergang zur Erde gestatten,
2. bei einem Blitzschlag sofort zur Erde ableiten,
3. verhindern, daß nach einem Blitzschlage ein weiterer Stromübergang von Pol zu Pol der Maschine stattfindet und
4. nach einem Blitzschlage für eine neue Entladung sofort bereit sind.

Alle diese Bedingungen erfüllen die in folgenden Figuren dargestellten *Blitzableiter* je nach der Anwendung bei verschiedenen Spannungen und Stromarten.

In dem gezeichneten Schema ist D die Dynamo, S die Sicherung, Dsp zwei Drosselspulen, welche den im Netze NN entstehenden atmosphärischen Ladungen infolge ihrer Selbstinduktion einen hohen Widerstand entgegensetzen. Die Hörner-Blitzableiter H werden so angeschlossen, daß das eine Horn H an Erde E angelegt wird, während das zweite an der stromführenden Leitung

liegt. Die gleichzeitig als Drosselspule dienende Wicklung *D* magnetisiert den Eisenkern *M*. Springt nun infolge einer hohen Ladespannung in *N* bei *H* ein Funke über, so wird auch gleichzeitig ein Weg für den Maschinengleichstrom über *H* zur Erde geschaffen; hierdurch wächst die Stromstärke in *D*, *M* wird stark magnetisch und bläst den Funken nach oben hin aus. Der Maschinenstrom an sich ist nicht imstande den Luftzwischenraum selbst zu durchschlagen. Der Apparat findet Anwendung bis ca. 700 V Gleichstrom im Freien, bei Bahnen usw., wobei je nach der Betriebsspannung die Entfernung der Hörner voneinander eingestellt wird.

Figur 2 zeigt einen *Blitzableiter* der A. E.-G. mit *selbsttätiger Funkenlöschung* für niedrigere Betriebsspannungen bis ca. 250 V zur Anwendung in geschlossenen Räumen. Im ruhenden Zustand liegt der untere Unterbrecherkontakt auf der mit *E* verbundenen Platte auf. Springt jetzt ein Funke bei *FA* oben über, so wird derselbe zur Erde geleitet. Der nachfolgende Maschinenstrom fließt durch die Spule und macht diesen Strom magnetisch, wodurch das untere Kontaktstück gehoben und bei *FH* unten eine zweite Funkenstrecke entsteht, welche den Strom unterbricht. Jetzt wird die Spule wieder stromlos und läßt das Kontaktstück fallen und der Apparat ist für eine neue Entladung bereit.

Figur 3 bis 5. In diesen Figuren ist der Anschluß und die innere Einrichtung der amerikanischen Rollenblitzableiter für hochgespannte Wechselströme angegeben.

Der einpolige Blitzableiter, Fig. 3 links, für 1000 V besteht aus zwei Metallzylindern von je 50 mm Höhe und 50 mm Durchmesser; zwischen beiden befindet sich eine Funkenstrecke von 0,8 mm. Der eine Zylinder ist mit der Leitung, der andere mit der Erde verbunden. Außerdem ist mit den Zylindern ein Graphitstab *K* von induktionslosem Widerstande hintereinander geschaltet.

Die zweipolige Ausführung der 1000 V Blitzableiter ist in Fig. 3 rechts dargestellt. Hierbei ist für jeden Pol eine Funkenstrecke vorgesehen. Der mittlere der drei Zylinder wird mit der Erde, die beiden Graphitwiderstände mit je einem Pol der Leitung verbunden.

Der einpolige Blitzableiter für 2000 V besitzt zwei Funkenstrecken, welche mit dem induktionsfreien Widerstande *K* hintereinander geschaltet sind. Fig. 4 links stellt den einpoligen Blitzableiter für 2000 V dar, Fig. 4 rechts den doppelpoligen.

Die Wirkungsweise der Blitzableiter beruht auf folgenden Tatsachen: Infolge des abkühlenden Einflusses der Metallzylinder von großer radialer Oberfläche wird die durch Lichtbogenbildung zwischen ihnen erzeugte Wärme auf die ergiebigste Weise fortgeleitet. Ferner wird der entstandene Licht-

bogen durch den fortwährenden Richtungswechsel des der atmosphärischen Entladung nachfolgenden Generatorstromes vollends ausgelöst. Die Aufgabe des induktionsfreien Graphitwiderstandes ist es endlich, die Größe des die Funkenstrecke durchfließenden Stromes auf ein Mindestmaß zu beschränken. Hervorzuheben ist, daß die Funkenstrecke stets staubfrei zu halten ist, und empfiehlt es sich, die Blitzableiter einer Anlage, besonders die auf freier Strecke an Masten montierten Apparate in gewissen Zeitintervallen zu prüfen.

Aus dieser Figur 5 geht ferner die Schaltung der doppelpoligen Blitzableiter für 2000 V als einpolige für 3000 V hervor. Zum Schutz der Generatoren werden auch bei den Wechselstrom-Blitzableitern Drosselspulen *D* in die Leitung geschaltet. Dieselben dürfen jedoch kein Eisen enthalten.

Es empfiehlt sich, in Anlagen, welche durch Blitzableiter geschützt werden sollen, auf der freien Strecke in Abständen von etwa 300 Meter für jeden Pol und in der Kraftstation für jede auslaufende Freileitung je einen Apparat anzubringen.

In **Figur 7** bestehen dieselben nach Ausführung der *„A. E.-G.“* aus einer Reihe von abwechselnd übereinander gelegten Metall- und Glimmerplättchen, deren Anzahl sich nach der Höhe der Netzspannung richtet. Der Netzstrom kann über diese Glimmerplatten nicht hinweg, während der hochgespannte atmosphärische Entladungsstrom sie überspringt bezw. durchschlägt. Die Induktionsspule *I* des Schemas dient dazu, den Entladungsstrom zu drosseln und dadurch die Dynamo *D* zu sichern. Für die niedrige Netzspannung und vor allem bei Gleichstrom ist natürlich die Selbstinduktion der Spulen $I = 0$. Figur 7 zeigt also die Blitzschutzanordnung für eine Primärstation. Auf der Strecke fallen dagegen die Drosselspulen *I* fort, wie **Figur 6** zeigt. Zur Darstellung des *Hörnerblitzableiters der Firma „Siemens & Halske* wurde dieser in das Schema eingesetzt, obgleich auch hier ein Scheibenblitzableiter ebenso seinen Zweck erfüllt, wie ein Hörnerblitzableiter dieses als Stationsschutz tut. Bei dem Hörnerblitzableiter findet die Entladung zwischen dem engsten Punkt der Bügel statt. Da aber der sich bildende Lichtbogen infolge der aufsteigenden Wärme und der elektrodynamischen Wirkung zweier zueinander in entgegengesetzter Richtung verlaufenden parallelen Ströme das Bestreben hat, nach oben zu wandern, erlischt der Lichtbogen.

Figur 8. Es ist nun selbstverständlich, daß bei Hochspannungsanlagen zur Verhinderung des Überspringens des Netzstromes mehrere Blitzableiter der besagten Form parallel und hintereinander angeordnet werden können. Die Schaltung für *B* einer Stationsschutzanlage bei einer Betriebsspannung von 3000 Volt erhält z. B. in jeder Leitung 4 Drosselspulen *D*, von denen je ein Blitzableiter abzweigt. Diese sind in Gruppen zu zweien mit einem

ferneren hintereinander geschaltet, und schließlich diese zwei resultierenden zueinander parallel in Hintereinanderschaltung mit noch zweien an Erde gelegt. Erwähnt soll noch werden, daß sich der Abstand der Erdplatten je nach der Betriebsspannung zu richten hat. Bei Spannungsunterschieden bis 250 Volt jedoch macht man gewöhnlich nur eine Erdleitung, indem man die Erdklemmen der Blitzableiter untereinander verbindet.

Figur 9. Eine *Sicherung einer Primärstation* sowie Verhindern von Unglücksfällen *bei (Drehstrom-) Hochspannungsanlagen* durch Drahtbruch kann man in folgender Weise anordnen:

Drei Ampèremeter $A_1 A_2 A_3$, die in den 3 Leitungen der Drehstromdynamo D liegen, haben in ihrem Nullpunkt 0 Anschlagkontakte c, welche parallel zueinander mit dem einen Pol der Erregerdynamo G verbunden sind, während die Zeiger ebenfalls parallel geschaltet über eine Magnetspule Sp zum zweiten Gleichstromdynamopol führen. A ist der Anker eines Starkstromautomaten $SA\,max$.

Reißt nun ein Draht z. B. bei Br, so wird B stromlos und macht bei c Kontakt, Spule Sp erhält Strom, zieht Anker A an und schaltet hierdurch $SA\,max$ aus, indirekt den Erregerstrom unterbrechend. Die Ausschaltkontakte haben Funkenzieher, sodaß die Ausschaltung allmählich geschieht; außerdem liegt keine völlige Stromunterbrechung vor, da Spule Sp eingeschaltet ist.

VII. Abschnitt.

Schaltungen von Straßen- Klein- und Vollbahnwagen.

Tafel 105.

Figur 1 und 2. *Die Regelung der Geschwindigkeit von Hauptstrom-Bahnmotoren**) kann man mit Hilfe der hierzu dienenden besonderen Schalter-*Kontroller* auf drei verschiedene Arten erzielen:

1. durch *Parallel- oder Hintereinanderschalten* der auf einem Motor getrennt *von* einander angeordneten *Magnetwindungen* oder der Magnetwindungen verschiedener Motoren;
2. durch Regelung des *Magnetfeldes* mit einem zu diesen *parallel gelegten Widerstande*;
3. durch Regelung des *Hauptstromes mit Vorschaltwiderständen.*

Wir wollen in Tafel 105 und 106 zunächst die verschiedenen Methoden an Hand der Schaltungsschemata näher betrachten, bevor wir zu verwickelteren Schaltungen übergehen. Die Figur 1 soll uns das Prinzip der Magnetumschaltung klar machen, wie es die A. E.-G. in der Sprageschaltung, über welche Dr. Rasch in der Zeitschr. d. Ver. dt. Ing. näheres ausführt, praktisch verwendet.

Der Hauptstrommotor M besitzt drei voneinander getrennte Magnetwicklungen I, II, III, welche in der gezeichneten Art mit den Kontaktbürsten des Kontrollers C verbunden sind. Der Anschluß der Zuleitung L, der Ankerleitungen, sowie der zur Erde E geführten Rückleitung, ist ebenfalls aus der Zeichnung zu ersehen.

Der Kontroller C ist mit seiner aufgerollten Kontaktbahn und deren Verbindungen skizziert; die senkrecht untereinander auf den punktierten Linien a, b, c . . . liegenden Kontaktflächen werden gleichzeitig von den Bürsten berührt. In der 0 Stellung ist der Motor ausgeschaltet, bei F beginnt die Fahrt vorwärts in den sieben Geschwindigkeiten a, b, c — g. B ist die gleichzeitig zur Rückwärtsfahrt dienende Bremsstellung. In der Praxis wird für die Bremsstellung noch ein weiterer Kontakt geschaffen, da man neuer-

*) Näheres siehe: Schiemann: Elektrische Bahnen I, II.

dings den Motor in sich geschlossen, bezw. auf einen Widerstand geschaltet, als Dynamo arbeiten läßt, wobei der hierzu nötige Kraftaufwand der Bewegung des Wagens entnommen wird und auf diese daher bremsend wirkt. Hierüber in den späteren Figuren.

Schematisch ist die Schaltung der einzelnen Stellungen *a*—*g* in Figur 1 wiedergegeben. *I MS, II MS, III MS* bedeuten die drei Magnetspulenpaare, *A* den Anker.

In Stellung *a* durchfließt der Strom hintereinander die Spulen I, II, III und den Anker. Es ist somit der höchste Widerstand im Stromkreise eingeschaltet; da jedoch trotzdem die Anlaufstromstärke zu hoch steigen würde, weil der Anker des Motors in der Ruhe keine Gegenspannung besitzt, geschieht das Anlassen über einen festen in der Zeichnung nicht angegebenen Widerstand (s. Tafel 106, Figur 1), der ein zu hohes Ansteigen des Stromes verhindert. Für die zweite Fahrtstellung *b* wird die Wicklung *MI* durch einen Nebenschluß kurzgeschlossen und hierdurch infolge der Widerstandsverminderung das magnetische Feld verstärkt; in *c* folgt die Trennung der Spule vom Stromkreise; *b* ist daher nur eine Zwischenstellung, welche zur Verhinderung der Stromunterbrechung nötig ist. Bei *d* sind Spulen I und II zueinander parallel mit Spule III hintereinander geschaltet, es folgt hierdurch eine abermalige Verminderung des Gesamtwiderstandes und damit eine Steigerung der Tourenzahl bei gleicher Belastung. Die Parallelschaltung setzt sich nun weiter fort, bis in Stellung *g* alle drei Magnetwindungen parallel liegen. *e* ist eine Vorbereitungsschaltung zu *f* wie *b* zu *c*. Die Trennung der Spulen bei *c* und *f* wird nötig, weil dieselben in den folgenden Stellungen *d* und *g* an entgegengesetzte Pole angelegt werden. Die Bremsstellung Ba_1 Figur 2 ist so ausgebildet wie *Fa* mit dem Unterschiede, daß der Anker in entgegengesetzter Richtung Strom erhält. Dies ist nach dem Ausführen über Motoren Abschnitt II notwendig, um die Drehrichtung zu ändern, denn würde der ganze Hauptstrom umgeschaltet, so würde die Drehrichtung die gleiche bleiben. Man könnte natürlich auch nur den Magnetstrom umschalten, doch wäre dies in vorliegendem Falle wegen der drei Windungen zu umständlich.

Tafel 106.

Figur 1. *Die neuere praktische Ausbildung* der vorerwähnten *Sprague-Schaltung durch die A. E.-G.**) wird uns mit den angedeuteten Verbindungen der Figur erläutert. Die gesamte Wagenschaltung ist in Tafel 107, Figur 2 nochmals beschrieben worden.

*) Vergl. A. E.-G.: Elektrische Straßenbahnen.

Der Kontroller hat die Fahrtstellungen 1, 2, 3—8 (Stellung 4 und 7 sind Übergangsstellungen wie oben), eine Nullstellung 0, Bremse 1 und 2 = B_1 B_2 und Rückwärtsfahrt R. Die Bürsten sind der Reihe nach, wie folgt, verbunden: Z mit der Zuleitung, A mit Ankerpol 1, $+m_3$ mit dem + Ende der Magnetwicklung m_3, w mit $+m_3$ über Hilfsanlaßwiderstand W, A_2 mit Ankerpol 2, $-m_3$ mit − Ende der Magnetwicklung m_3, $+m_2$, $+m_1$, $-m_2$, $-m_1$ mit den korrespondierenden Enden der Magnetwicklungen m_2 und m_1 $-m_1$ ist ferner an Erde gelegt. Die einzelnen Kontrollerstellungen bewirken nun folgende Verbindungen:

1. m_1 m_2, m_3, W, Anker hintereinander. — Anlaßstellung.
2. m_1 m_2, m_3, Anker hintereinander. — 1. Fahrtstellung.
3. m_1 kurzgeschlossen, m_2, m_3, Anker hintereinander. — 2. Fahrtstellung.
4. m_1 unterbrochen, m_2, m_3, Anker hintereinander. — 1. Übergangsstellung zur Parallelschaltung.
5. m_1 m_2 parallel in Hintereinanderschaltung mit m_3, Anker. — 3. Fahrtstellung.
6. m_1 m_2 parallel in Hintereinanderschaltung mit Anker über m_3 kurzgeschlossen. — 4. Fahrtstellung.
7. m_1 m_2 parallel in Hintereinanderschaltung mit Anker; m_3 geöffnet. 2. Übergangsstellung zur Parallelschaltung.
8. m_1 m_2 m_3 parallel in Hintereinanderschaltung mit Anker. — 5. Fahrtstellung.

B. Motor über A_1 A_2, $-m_1$ $+m_1$ $-m_2$, $+m_2$, $-m_3$, W_1 A_1 kurzgeschlossen. — 1. Bremsstellung.

B. Motor über A_1 A_2, $-m_1$ $+m_1$ $-m_2$, $+m_2$, $-m_3$, W_1 A_1 kurzgeschlossen. — 2. Bremsstellung.

R. wie Stellung 1, nur mit vertauschten Ankerverbindungen. — Langsame Rückwärtsfahrt.

Der Magnetpol der *Funkenlöscherspule,* die zwischen $-m_1$ und der Erde gelegt wird, ist längs den Bürsten vergrößert und reicht mit seinen einzelnen als Schuhen ausgebildeten gleichnamigen Polenden zwischen die einzelnen Schleifkontakte, sodaß alle Funken gleichzeitig und mit Hilfe nur einer Spule gelöscht werden.

Figur 2. Nachdem wir die Magnetumschaltungsmethode kennen gelernt haben, wollen wir zum Prinzip der *Nebenschließung* übergehen. Wie das Schema zeigt, ist die Anwendung einer derartigen Schaltung sehr einfach und bietet somit einen, speziell für kleinere Betriebe, nicht zu unterschätzenden Vorteil. Durch Parallelschaltung des Hauptstromregulators *HR* zur Magnetwicklung wird das magnetische Feld geschwächt, und der Anker

erhöht zur Erreichung der erforderlichen Gegenspannung seine Tourenzahl. Zur Verminderung der Anlaufstromstärke wird zunächst ein Widerstand mit mehrfacher Abstufung benutzt, dessen Handhabung mit dem Widerstand *HR* gleichzeitig geschehen kann. Ebenso ist eine Brems- und Rückwärtsstellung anzubringen, wie dieselbe früher beschrieben. Die Ausführung eines derartigen Kontrollers zeigt uns

Figur 3. Da wir die mechanische Einrichtung eines Kontrollers kennen, wollen wir gleich zur Schaltung übergehen. Der eine Ankerpol führt zu Bürste 1, bezw. über *Widerstand Wa*, *Wb* zu Bürste 3, welche mit der Magnetwicklung verbunden und über diese zu B_8 gelangt. Zwischen B_4 und B_8 liegen die *parallel zu* B_3 B_8 d. h. *zur Magnetwicklung* zu schaltenden Widerstände. Die einzelnen Stellungen ergeben:

1. — Pol, Anker *A, Wa, Wb, M,* + Erde hintereinander. — 1. Anlaßstellung, kleine Fahrt.
2. — Pol, Anker *A*, *Wb*, *M,* + Erde hintereinander. — 2. Anlaßstellung, mittlere Fahrt.
3. — Pol, Anker *A, M*, + Erde hintereinander. — Normale Fahrtstellung.
4. — Pol, Anker *A*, *M,* + Erde; *Wc, d, e, f* parallel zu *M.* — 1. Geschwindigkeitserhöhung.
5. — Pol, Anker *A, M,* + Erde; *Wd, e, f* parallel zu *M.* — 2. Geschwindigkeitserhöhung.
6. — Pol, Anker *A, M,* + Erde; *We, f* parallel zu *M.* — 3. Geschwindigkeitserhöhung.
7. — Pol, Anker *A*, *M,* + Erde; *Wf* parallel zu *M.* — 4. Geschwindigkeitserhöhung, schnellste Fahrt.

Trotz ihrer Einfachheit hat diese Schaltung nicht viel Verwendung gefunden.

Figur 4. Die dritte Methode der *Geschwindigkeitsregelung* der Bahnmotoren geschieht *durch Widerstandsregelung im Hauptstrome.* Durch diesen Vorschaltwiderstand wird eine Änderung der den Motor beeinflussenden Spannung herbeigeführt. Da der Motor bei geringerer Nutzspannung auch eine geringere Gegenspannung oder *elektromotorische Gegenkraft* zu erzeugen, d. h. sein Anker weniger Kraftlinien zu schneiden braucht, die Kraftlinienzahl aber durch die Stromstärke in der Magnetwicklung d. h. die Ampèrewindungen festgelegt ist, wird derselbe langsamer laufen. Mit dem allmählichen Ausschalten des Widerstandes steigt dann die Tourenzahl. Gleichzeitig ist aber durch den Gesamtwiderstand des Anlassers + dem der Magnetwindung und des drehenden Ankers die Anlaufstromstärke bestimmt, welche daher keine anormale Höhe erreichen kann.

Die Schaltung einer derartigen Reguliervorrichtung kommt an Einfachheit der zuletzt beschriebenen (Fig. 3) fast gleich. Ein Nachteil besteht jedoch darin, daß in dem Widerstand W elektrische Energie nutzlos in Wärme umgesetzt, bezw. vernichtet wird, wenn derselbe zum *Regulieren* der Tourenzahl verwendet wird. Dient der Widerstand jedoch nur zum *Anlassen* des Motors, so stellt sich dieser Kraftverbrauch ungefähr mit den anderen Systemen gleich, welche ja auch auf den Anlaßkontakt eines Vorschaltwiderstandes aus bekannten Gründen bedürfen.

In der Zeichnung bedeuten *Tr* die Kontaktleitung, R die Stromabnehmerrolle, S eine Sicherung, *SA* einen Starkstrom-Automaten, welcher bei zu hoher Stromstärke die Leitung selbsttätig unterbricht, W_1 — W_5 die Vorschaltwiderstände, 1—9 die einzelnen Kontaktbürsten des Kontrollers, C die abgerollte Mantelfläche des Kontrollzylinders, *a—f* die einzelnen Fahrtstellungen, *Strw* den Stromwender für den Anker A des Motors für Vorwärts- und Rückwärtsfahrt, M die Magnetwicklung. Der Stromwender muß vor Einschalten des Kontrollers in der einen oder der anderen Richtung verbunden sein. Nehmen wir an, derselbe sei nach links eingeschaltet, so erhalten wir in den Stellungen *a—f* folgende Verbindungen:

a) Zuleitung, W_1, W_2, W_3, W_4, W_5, Magnete, Stromwender, Anker links nach rechts, 8, 9—Erde. — 1. Fahrtstellung.

b) Zuleitung, W_2, W_3, W_4, W_5, Magnete, Stromwender, Anker links nach rechts, 8, 9—Erde. — 2. Fahrtstellung.

c) Zuleitung, W_3, W_4, W_5, Magnete, Stromwender, Anker links nach rechts, 8, 9—Erde. — 3. Fahrtstellung.

d) Zuleitung, W_4, W_5, Magnete, Stromwender, Anker links nach rechts, 8, 9—Erde. — 4. Fahrtstellung.

e) Zuleitung, W_5, Magnete, Stromwender, Anker links nach rechts, 8, 9—Erde. — 5. Fahrtstellung.

f) Zuleitung, Magnete, Stromwender, links nach rechts, 8, 9—Erde. — Normale Fahrt.

An den Kontakten 8, 9 und 1, 2, wird der Sicherheit des Betriebes und zweifellosen Stromlosmachung der Apparate die Leitung doppelpolig unterbrochen, wie es auch meistens der Fall ist. Manche Kontroller unterbrechen jedoch nur die Zuleitung zweipolig, während der letzte Kontakt direkt mit dem Wagengestell verbunden wird (z. B. Tafel 106, Figur 1).

Die gesamte Anordnung zweier solcher Motore und Schaltwalzen in Verbindung mit der Wageneinrichtung, wie sie z. B. von der Firma E.-A.-G. vorm. Schuckert & Co. angewendet wird, zeigt uns Tafel 107, Fig. 1.

Tafel 107.

Figur 1. Das vorstehende Schaltungsschema in Verbindung mit allen Leitungen für einen *Straßenbahnwagen, bei welchem die Regulierung des Hauptstrommotors* ausschließlich *durch Vorschaltung von Widerstand* geschieht, zeigt uns die Figur. U. a. wird die Schaltung von der „E. A.-G. vorm. Schuckert & Co.“ angewandt.

In der Zeichnung ist *S* der Stromabnehmer, *I* die Induktionsspule für Blitzableiter *Bl*, *SA max* ein selbsttätiger Maximalausschalter, *H* Hebelausschalter, *SS* Sicherungen, *A* Anker und M_1 M_2 die Endpunkte der Magnetwindungen des Motors, *a* der Ausschalter für die Glühlampen, *Fl* Funkenlöscherspule, *W* der Regulierwiderstand.

Die bereits Tafel 106, Fig. 4 besprochenen Kontrollerstellungen entsprechen in 1—6 den einzelnen Fahrtstellungen, daß in Stellung 1 die fünf Widerstände W_{3-8} vorgeschaltet sind. In jeder weiteren Stellung wird der Gesamtwiderstand um eine Abteilung verringert, sodaß in Stellung 6 der Motor direkt Strom erhält. Die Rückwärtsfahrt geschieht mit Hilfe der neben den Kontrollern gezeichneten Umschalter.

Figur 2. Eine *Schaltung der Motoren nach dem Magnetumschaltungssystem*, das von der „A. E.-G.“ verwendet wird, wird z. B. so ausgeführt, daß von den beiden Hauptstrommotoren M_1 M_2 durch Umschalter *U* immer nur der eine oder andere Motor eingeschaltet wird. Die Anordnung der Anker- und Magnetstromverbindungen mit dem Kontroller ist nach Vergleich mit Tafel 105, Fig. 1 ohne weiteres klar.

Erwähnenswert ist noch die neue elektrische Bremsvorrichtung, welche sofort bei Unterbrechung des Hauptstromes in Kraft tritt. Während der Fahrt wird nämlich der Anker *A* des Bremsautomaten *Bst* vom Elektromagneten *E* angezogen und die Leitung zu den Bremselektromagneten *Br* unterbrochen, da die Kontakte *CC* ausgeschaltet werden. Diese Bremselektromagnete *Br* bestehen aus einer nach außen geschlossenen Magnetspule, in die ein Eisenkern, der mit der Radreifenbremse in Verbindung steht, gezogen wird und so die Bremse anzieht. Sobald nun der Strom über *E* unterbrochen wird, fällt *A* durch die Federkraft und Eigengewicht gezogen herunter und schließt *CC*, sodaß *Br* sofort Strom erhält. Ein besonders günstiger Umstand der Bremsvorrichtung ist, daß dieselbe in Verbindung mit jeder Handbremse und an jedem Wagen nachträglich angebracht werden kann, vor allem aber, daß jeder Wagen eines ganzen mit solchen Bremsen ausgerüsteten Zuges durch einen Apparat vom Motorwagen aus gebremst werden kann, wodurch ein einheitliches und sicheres Arbeiten der Bremsen erreicht wird.

Figur 3. Für die *Wagenschaltung mit zwei Hauptstrommotoren, deren Regulierung durch Hintereinander- und Parallelschalten geschieht,* verwendete die frühere „E. A.-G. vorm. O. L. Kummer & Co.“*) folgende Anordnung. Die Bezeichnungen in der Figur sind folgende: *Fa* ist die Fahrtrichtung, *B* Bremsstellungen, *R* Rückwärtsfahrt, *W* Widerstände, *T* Trolley, *L* Wagenlampen, *SA max* automatischer Maximalausschalter, *A* Ausschalter für die Lampen, *Bl* Blitzableiter, *I* Induktionsspule, *Fsp* Funkenlöscherspule, *A*, *M* Anker und Magnetwicklung der Motoren, *W* ein Anlaßwiderstand, *Ac* Anschlußkontakt für den Anhängewagen. Die einzelnen Stellungen des Kontrollers sind nachstehend aufgeführt.

Fa 1. Anlaßwiderstand W_{14-12}, Funkenspule, Anker $_1$ Anker $_2$, Magnet $_1$ Magnet $_2$ hintereinander. 1. Fahrtstellung.

„ 2. Anlaßwiderstand W_{13-12}, Funkenspule *Fsp*, Anker $_1$ Anker $_2$, Magnet $_1$ Magnet $_2$ hintereinander. 2. Fahrtstellung.

„ 3. Funkenspule *Fsp*, Anker $_1$ Anker $_2$ hintereinander. 3. Fahrtstellung.

„ 4. „ „ „ „ „ Schwächung des Magnetfeldes durch Parallelschalten eines Widerstandes *W* zur Magnetwicklung. 4. Fahrtstellung.

„ 5. Ausgeschaltet. Übergangsstellung.

„ 6. Anlaßwiderstand W_{13-12}, Funkenspule *Fsp*, hintereinander mit parallel geschalteten Motoren. 5. Fahrtstellung.

„ 7. Funkenspule *Fsp*, hintereinander mit parallel geschalteten Motoren. 6. Fahrtstellung.

„ 8. Funkenspule *Fsp*, hintereinander mit parallel geschalteten Motoren, deren Magnetfeld durch parallelen Widerstand *W* geschwächt ist. 7. Fahrtstellung.

B 1. Anlaßwiderstand W_{14-12}, Spule *Fsp,* parallele Anker A_1 A_2, Magnetspule $_{1,\,2}$, Anlaßwiderstand *W* hintereinander geschaltet.

B 2. Anlaßwiderstand W_{14-12}, Spule *Fsp,* parallele Anker A_1 A_2, Magnetspule $_{1,\,2}$, Anlaßwiderstand *W* hintereinander geschaltet. 1. Kurzschlußstellung.

B 3. Anlaßwiderstand W_{13-12}, Spule *Fsp*, parallele Anker A_1 A_2, Magnetspule $_{1,\,2}$, Anlaßwiderstand *W* hintereinander geschaltet. 2. Kurzschlußstellung.

B 4. Spule *Fsp,* parallele Anker A_1 A_2, Magnetspule $_{1,\,2}$, Anlaßwiderstand *W* hintereinander geschaltet. 3. Kurzschlußstellung.

R Anlaßwiderstand $_{14-12}$, Spule *Fsp,* Anker $_1$ Anker $_2$, Magnet $_1$ Magnet $_2$ hintereinander. Rückwärtsfahrt.

Besondere Erwähnung verdient noch die Bremsvorrichtung des Motorwagens, die durch einfache Stöpselung zum Anhängewagen auch diesen mitbremst.

*) cf. E.T.Z. 98, Fischinger, Versuchsfahrten usw.

Tafel 108.

Figur 1. Das vorliegende Schema zeigt uns die Schaltung eines Straßenbahnwagens mit zwei Hauptstrommotoren, deren Geschwindigkeiten von einem der beiden Kontroller rechts oder links geregelt werden. Diese Regulierung geschieht zunächst mit Hilfe der Widerstände W_{1-5} und ferner durch Hintereinander- oder Parallelschalten der beiden stets gleichzeitig laufenden Motoren M_1 M_2. In der Schaltung, die sowohl von der „Union .E.-G.“ als auch der „Helios E.-A.“ für ihre Straßenbahnwagen verwendet wird, sind folgende Bezeichnungen gewählt. Trolley *T* ist die Stromzuführung über Maximalautomat *SA max*, Hebel *H*, Sicherung *S*, Induktionsspule *I*, Funkenlöscherspulenden *Sp* der Kontroller rechts und links zu den Bürsten *Z*. *L* sind die mit Sicherung *s* gesicherten Glühlampen zur Beleuchtung des Wagens (mit Ausschalter *a*), *Bl* der vor *I* abzweigende Blitzschutz: W_{1-5} sind Anlaß widerstände für die Motoren M_1 M_2, *E* ist die Erdleitung. Den Stellungen des Stromwenders *v*, *r*, *o* entspricht der Vorwärts-, Rückwärtslauf und Nullstellung der Motoren. *a*—*f* und 1—10 der Motoren sind mit den gleichlautend bezeichneten Klemmen des Kontrollers und des Umschalters verbunden. Die einzelnen Kontrollerstellungen entsprechen nun folgenden Schaltungen:

1.	$W_{1,2,3,4,5}$	Motor 1,	Motor 2	hintereinander	geschaltet,		
2.	$W_{2,3,4,5}$	„ ,	„	„	„		
3.	$W_{3,4,5}$	„ ,	„	„	„		
4.	$W_{4,5}$	„ ,	„	„	„		
5.		„ ,	„	„	„		
6.	$W_{2,3,4,5}$	„ ,	„	„	„	(Vorbereitungsstellung zu 7),	
7.	$W_{2,3,4,5}$	„	allein	„	„		
8.	$W_{2,3,4,5}$	„	„	„	„		
9.	$W_{2,3,4}$	hintereinander	mit	parallelgeschalteten	M_1	M_2,	
10.	$W_{3,4}$	„	„	„	„	„	
11.	W_4	„	„	„	„	„	
12.	Beide Motoren parallel.						

Die Bremsung, die in der Zeichnung nicht angegeben, geschieht wie gewöhnlich dadurch, daß die Motoren parallel zueinander nach Unterbrechung des Zuleitungsstromes zunächst über einen der Widerstände und dann direkt kurzgeschlossen worden, sodaß sie als Dynamo laufen und Energie verbrauchen, d. h. auf den Wagen bremsend wirken; ferner ist noch eine von Hand oder elektrisch betätigte Notbremse vorhanden, welch letztere gewöhnlich als Schienen oder magnetische Bremsen ausgeführt worden. Die Wirkung der magnetischen Bremse beruht darin, daß in einer auf der Wagenachse sitzenden eisernen Bremsscheibe durch einen Bremsmagneten Wirbelströme

erzeugt werden, welche auf die Scheibe bremsend einwirken. Der Strom für die Bremse wird vom Motor erzeugt.

Figur 2. *Bei reinem Akkumulatorenbetrieb,* der jedoch nur dort angewendet wird, wo aus Schönheitsrücksichten die Oberleitung nicht gewählt werden kann bezw. der Ausbau einer unterirdischen Stromzuführung zu unsicher und für längere Strecken zu teuer ist, gestaltet sich z. B. eine Wagenschaltung mit einem Hauptstrommotor ähnlich wie die vorerwähnte Schaltung, mit dem Unterschiede, daß an den Endkontakten an Stelle von Fahrdraht und Schiene, die entsprechenden Pole der Akkumulatoren-Batterie *(Acc.-Batt.)* liegen.

Diese ist mit doppeltem Umschalter *U* versehen, sodaß dieselbe auf Stellung *L* geladen werden kann. Der Motor mit Anker *A* und Magnetwicklung *M* wird mit Hilfe der Widerstände W_{12-8} reguliert, *Sp* sind die Funkenlöscherspulen, *L* die Glühlampenleitung mit Ausschalter *a*, *WW* sind Widerstände, die in Kontrollerstellung 7 und 8 parallel zur Magnetwicklung liegen (cf. Schaltung Tafel 107, Fig. 3), das Feld schwächen und dadurch einen schnelleren Lauf des Motors bedingen.

Der Kontroller hat die Fahrtstellungen 1—7 vorwärts, Bremsstellungen 1—4 und Rückwärtsfahrt *R*. Die Schaltungen der einzelnen Stellungen sind auf der Figur einfach erkennbar. Angewendet wird diese Schaltung z. B. von „O. L. Kummer u. Co.“, wie auch Schaltung Tafel 107, Fig. 3; 108, Fig. 3, und 109, Fig. 2.

Figur 3 zeigt dieselbe Schaltung, jedoch unter *Anwendung zweier Motoren nebst Akkumulatorenbatterie.* Zur Erklärung der Schaltungsweise sei auf Fig. 3 in Tafel 107 verwiesen; die Bremsvorrichtung für den Anhängewagen ist hier fortgelassen und wird natürlich nicht an Erde geführt, sondern, wie Figur zeigt, verbunden. Die Bezeichnungen sind dieselben wir vor.

Tafel 109.

Figur 1. Es ist auch mehrfach der Versuch gemacht worden, den *Antrieb der Straßenbahnen mit Nebenschlußmotoren* auszuführen, doch konnte der dem Nebenschlußmotor anhaftende Mangel der schwachen Anzugskraft für die Verallgemeinerung dieser Anlagen nur hinderlich sein.

Ausgeführt sind derartige Anlagen z. B. von „Siemens & Halske“ und „E. A.-G. Elektrizitätswerke vorm. O. L. Kummer“.

Ein einfaches Schema eines solchen Antriebes zeigt die Figur. *AA* sind die Anker, *MM* die Feldmagnetwicklungen der beiden Motoren, *NR* der Nebenschlußregulator, der dazu dient, die Geschwindigkeit zu steigern, *U* der Umschalter für Vor- und Rückwärtslauf, *E* Erdverbindungen, *W* der

Anlaßwiderstand des Kontrollers, *KA* ein Kohlenausschalter für den Nebenschluß, *T* die Stromzuführung, *I* Induktionsspule zu Blitzableiter *Bl, SA max* ein selbsttätiger Maximalausschalter, *S* Sicherung, *BB* die Schalter für die Bremsstellung.

Ein Vorzug der ganzen Anordnung liegt in der Einfachheit der Schaltung, da in der Ausführung natürlich auch alle Regulatoren und Schalthebel durch einen Kontroller betätigt werden.

Figur 2. Eine *Schaltung eines Wagens mit zwei Nebenschlußmotoren mit zwei Batterien der Firma* „Kummer“.

Zum leichteren Verständnis der nachstehenden Schaltungsstellungen sei noch erwähnt, daß die Motoren aus erklärlichen Gründen nur hintereinander geschaltet werden können, und ferner daß die Kontaktfedern 3 und 5 aus zwei übereinander liegenden Federn bestehen, die beim Einschalten von den Schleifbahnen der Schaltwalze zusammengedrückt werden und die Stromverbindung herstellen, beim Ausschalten jedoch dazu dienen, den Öffnungsfunken des Nebenschlusses nur allmählich abreißen zu lassen. Die einzelnen Kontrollerstellungen sind nun folgende:

Vorwärts 1. Nebenschluß über Vorschaltwiderstände erregt, Batterien parallel, Anker ausgeschaltet. — Erregung.

2. Nebenschluß ohne Vorschaltwiderstände voll erregt, Batterien parallel, beide Anker hintereinander mit Anlaßwiderstand eingeschaltet. — Anfahren.

3. Nebenschluß ohne Vorschaltwiderstände voll erregt, Batterien parallel, beide Anker hintereinander ohne Anlaßwiderstand eingeschaltet. 2. Fahrtstellung.

4. Nebenschluß mit Vorschaltwiderständen geschwächt, Batterien parallel, beide Anker hintereinander ohne Anlaßwiderstand eingeschaltet. 3. Fahrtstellung.

5. Nebenschluß ohne Vorschaltwiderstände voll erregt, Batterien einzeln, jeder Anker einzeln mit Anlaßwiderstand eingeschaltet auf je eine Batterie. 4. Fahrtstellung.

6. Nebenschluß ohne Vorschaltwiderstände voll erregt, Batterien einzeln, jeder Anker einzeln ohne Anlaßwiderstand eingeschaltet auf je eine Batterie. 5. Fahrtstellung.

Vorwärts 7. Nebenschluß mit einem Vorschaltwiderstande geschwächt, Batterien einzeln, jeder Anker einzeln ohne Anlaßwiderstand eingeschaltet auf je eine Batterie. 6. Fahrtstellung.

8. Nebenschluß mit den ganzen Vorschaltwiderständen geschwächt, Batterien einzeln, jeder Anker einzeln ohne Anlaßwiderstand eingeschaltet auf je eine Batterie. 7. Fahrtstellung.

Bremse 1. Nebenschluß über den ganzen Vorschaltwiderstand erregt, beide Anker mit Anlaßwiderstand hintereinander kurzgeschlossen.
2. Nebenschluß über den ganzen Vorschaltwiderständen erregt, beide Anker ohne Anlaßwiderstand hintereinander kurzgeschlossen.
3. Nebenschluß ohne die ganzen Vorschaltwiderstände erregt, beide Anker ohne Anlaßwiderstand hintereinander kurzgeschlossen.

Rückwärts entspricht Stellung 2 vorwärts nur mit umgekehrter Ankerstromrichtung.

Über die Vorteile und Nachteile der Nebenschlußmotoren für Bahnbetrieb ist verschiedentlich in der E.T.Z. 1897/98 berichtet worden, sodaß hierüber an dieser Stelle nur das Endresultat gezogen werden soll, nämlich daß die Vorteile bei Verwendung der Nebenschlußmotoren nicht die Nachteile aufwiegen, welche dieselben den Hauptstrommotoren gegenüber besitzen.

Figur 3. Das vorliegende Schema gibt die *Wagenschaltung der Schmalspurbahn Lausanne—Moudon,* ausgeführt von der A.-G. Joh. Richer, Winterthur, wieder.

Die Einschaltung der zwei Motoren der zweiachsigen Wagen erfolgt über drei Widerstände *W* in den ersten 3 Stellungen der Kontroller auf *R*; in den weiteren Stellungen werden verschiedene Kombinationen zwischen Feld und Anker zur Änderung der Fahrtgeschwindigkeit herbeigeführt, während die Bremsung in 4 Stellungen über die Widerstände *W* erfolgt; der Umschalter hat von der Mitte aus folgende Stellungen:

1. Nach links a) vorwärts,
   b) Motor 1 vorwärts,
   c) „ 1 rückwärts.
2. Nach rechts a) rückwärts,
   b) 2 rückwärts,
   c) 2 vorwärts.

E ist Erde, *Ssp* Funkenspule, *Br* elektromagnetische Bremse, *Bl* Blitzableiter, *I* Induktionsspule für letzteren.

Tafel 110.

Figur 1. Die *innere Leitungsführung der Wagen der Berliner Straßenbahn* ist nach dem gezeichneten Schema ausgeführt und zwar unter Berücksichtigung des Umstandes, daß die Motoren teils von der Oberleitung, teils von der Unterleitung gespeist werden können.

Die Kontaktstange wird bei der Umschaltung von der Oberleitung abgezogen und in einen am Wagendach befindlichen Haltebügel eingelegt. Hierdurch tritt eine Haltefeder in Tätigkeit, welche einen Umschalter *U* so

umschaltet, daß die Zuführungen zum Kontroller auf die Unterleitung geschaltet sind. Der Stromabnehmer für die Unterleitung wird nun vom Führerstande aus herabgelassen und hebt hierbei den Erdkontakt auf, sodaß der Wagen + und — Leitung führt, also die Schienen stromlos sind und die Rückleitung durch eine besondere Leitung erfolgt.

Figur 2. *Schaltungsschema eines Wagens der Berliner Hochbahn von S. & H.*

Jeder Motorwagen erhält 4 Hauptstrommotoren $M_1 — M_4$, sodaß jede Wagenachse der 4achsigen Drehgestellwagen von einem Motor angetrieben wird.

Die Motoren zweier Wagen bilden unter sich je eine Gruppe von 4 parallel geschalteten Motoren; bei voller Geschwindigkeit sind alle 8 Motoren zweier Wagen parallel geschaltet. Beim Anfahren arbeiten die 4 Motoren des Wagens I unter sich parallel, mit der Guppe von Wagen II jedoch in Hintereinanderschaltung.

Der Kontroller besteht aus zwei Walzen, einer Motorenschaltwalze links und einer Anlaßwiderstandswalze rechts. Beide Kontroller sind zwangläufig gekuppelt. Die Motorwalze, welche aus 2 Hälften besteht, hat 2 Reihen Kontaktfinger, die Widerstandswalze 2 Wanderkontakte *Wk* und diverse Kontaktfinger. Durch *Wk* werden die Widerstände geschaltet, durch die Kontaktfinger die Verbindung mit der Motorwalze hergestellt, deren Schaltrad nur in der 0-Stellung abnehmbar ist. In dieser Stellung erhalten die Motoren keinen Strom, wenn derselbe von der Leitung kommt, sind jedoch eingeschaltet, wenn der Strom vom anderen Wagen durch Schaltkupplung *Schk* kommt, werden also anlaufen, wenn vom vorderen Kontroller im 1. Wagen aus die Steuerung erfolgt. Ist dieser auch ausgeschaltet, so sind alle 8 Motoren stromlos. Es kann hiernach also eine Steuerung jedes Wagens 1 und 2 von seinem Kontroller oder beide Wagen vom Kontroller des 1. oder 2. Wagens aus gesteuert werden, sodaß bei Defekten immer eine Reserve vorhanden ist.

Tafel 111.

Bei der *Steuerungeinrichtung und Schaltung der Motoren der Schwebebahnwagen* der von der „El. Akt.-Ges. v. Schuckert & Co.“ gebauten Schwebebahn Vohwinkel–Elberfeld–Barmen–Rittershausen mußte darauf Rücksicht genommen werden, daß ein oder mehrere Wagen (angenommen wurde drei Wagen, in Wirklichkeit wird der Betrieb jedoch im Höchstfalle mit Doppelwagen aufrecht erhalten) von einem Kontroller aus gesteuert werden können.

Der Strom fließt von der Kontaktleitung in jedem Wagen über zwei Schuhe, die als Schleifkontakte dienen, über einen in der hinteren Wagenhälfte angebrachten Notschalter *A*, damit der Schaffner gegebenenfalls sofort den Strom unterbrechen kann. Ferner können die Schleifschuhe zur Stromlos-

machung des Wagens mittels Schnurzügen abgehoben werden. Neuerdings ist auch noch ein Maximalausschalter außerhalb des Wagens angebracht, der auch gleichzeitig mit einer längs des Wagens laufenden Notleine ausgeschaltet werden kann. Von Notschalter *A* geht der Strom über Starkstromautomat *AS*, Sicherung *S* zum Kontroller. Bei der Schaltung dieses wird berücksichtigt, daß Schaltungen unter Strom nur im Führerwagen gemacht werden, daß alle Motoren von dort ausgeschaltet und zur Bremsung benutzt werden können, daß die Hebelverbindungen einfach sind, und daß alle Motoren zum Vorwärts- und Rückwärtsfahren sowie Bremsen gebraucht werden können; das Bremsen geschieht der Sicherung der Motoren und Widerstände wegen jedoch nur in Ausnahmefälle elektrisch und meistens mit der angebrachten Druckluftsteuerung, System Westinghouse.

Jeder Wagen erhält einen Magnetschalter, durch den die zugehörigen zwei Motoren auf Vorwärts, Rückwärts oder Bremsen geschaltet werden können, während die Stromzufuhr durch den Regler vom Führerstand eingeschaltet wird. Die Motoren M_1 M_2 werden über die Anlaßwiderstände W zunächst in Serie angelassen, dann nach Abschaltung der Widerstände parallel geschaltet, wobei zunächst wieder die Widerstände vorgeschaltet sind. Nach allmählicher Abschaltung derselben laufen die Motoren parallel ohne Widerstände. Die Motorgruppen der Wagen sind von vornherein parallel geschaltet. Die Widerstände W_{1-4} bestehen aus 4 Gruppen, die je nach der Wagenzahl parallel geschaltet werden. Der Kontroller hat drei zwangläufig miteinander gekuppelte Walzen, je eine für Parallelschaltung von Widerstandsgruppen der Wagenzahl entsprechend, für Umschaltung der Fahrtrichtung, für Regelung der Motorgeschwindigkeit und Bremsung. Die letzte Walze hat 14 Fahrtstellungen 1—14, 7 Bremsstellungen 1—7; alle Stromunterbrechungsstellen sind mit Funkenblasspulen versehen. Die weitere Anordnung der Verbindungen usw. ergibt das Schema.

Tafel 112/113.

In Tafel 110 Fig. 1 sahen wir die innere Leitungsführung eines Wagens der Berliner Straßenbahn.

Nach Einführung des elektrischen Betriebes auf den Strecken der Großen Berliner Straßenbahn erwies es sich jedoch bald als notwendig, ein Mittel zu besitzen, um Energieverbrauch und Traktionsverhältnisse der einzelnen Strecken möglichst genau feststellen zu können. Um dies zu ermöglichen, wurde zuerst ein vierachsiger Akkumulatorenwagen mit verschiedenen Meßinstrumenten provisorisch ausgerüstet. Da diese Einrichtung gute Dienste leistete, schritt man zum Bau eines eigens für Meßzwecke erbauten Wagens, der mit den allerbesten Präzisionsapparaten ausgerüstet wurde.

Die *elektrische Einrichtung dieses Meßwagens der Berliner Straßenbahn,* ausgerüstet von der „Union E.-A.“, wollen wir nach den Ausführungen des Herrn E. Björkegren*) hier besprechen.

Die elektrische Ausrüstung, wie erwähnt von der „Union E.-G.“ geliefert, besteht aus zwei Hauptstrommotoren von normal 23 PS und Kontrollern, ferner aus Haupt- und automatischen Ausschaltern, Blitzableitern, Bleisicherungen usw., wie in dem Schema angegeben.

Die Einrichtung der Schalt- und Sicherheitsapparate stimmt mit der bei der Großen Berliner Straßenbahn üblichen vollkommen überein und ist aus dem Schema nach den früheren Beispielen ohne weiteres ersichtlich, zumal seitwärts die einzelnen Kontrollerstellungen schematisch der Reihenfolge nach aufgezeichnet sind. Auf die Achsen kann jede im Betriebe der Großen Berliner Straßenbahn verwendete Motortype aufgesetzt und probiert werden.

Zur Bremsung dienen drei vollständig voneinander unabhängige Bremsen, eine Handbremse (Hebelbremse mit Ausgleich auf beiden Drehgestellen), eine Magnetbremse (System Sperry) und eine Luftdruckbremse (System H. H. Böker).

Durch diese Vereinigung der verschiedenen Bremsarten ist man in der Lage, Vergleiche der Systeme an ein und demselben Wagen vornehmen zu können.

Die Stromzuführung zum Wagen kann sowohl oberirdisch, wie unterirdisch durch Ober- oder Unterleitung erfolgen.

Im inneren Wagenteil, der als Meßraum ausgebildet ist, sind die verschiedenen Meßapparate teils auf einer Marmorschalttafel, teils auf einem Meßtische angebracht.

Die Schalttafelapparate dienen hauptsächlich für Vorführungszwecke und sind deshalb mit großen, deutlich ablesbaren Skalen versehen, während auf dem Meßtische Präzisionsinstrumente für eingehendere und Spezialuntersuchungen angebracht sind.

An der Schalttafel befinden sich:

1. Ein Hauptausschalter *DMA* und ein Automatausschalter *AutA* für den Fahrstromkreis, sowie Strom-, Spannungs- und Geschwindigkeitsmesser (Amp., Volt); ferner zwei Wattstundenzähler *WStdz*, System Union E.-G., zum Messen des Energieverbrauches der Motoren. Dieselben sind zur gegenseitigen Kontrolle hintereinander geschaltet. Sodann noch ein Wattstundenzähler *Z*, System Allg. El.-Ges., für die elektrische Heizung des Wagens mit Schalter und Sicherung; rechts auf der Tafel: registrierende Instrumente für Strom, Spannung und Geschwindigkeit (Amp., Volt).

*) Vgl. E.T.Z. 04 Heft 65.

Die registrierenden Instrumente, von Siemens & Halske geliefert, arbeiten mit Funkenregistrierung und zeichnen auch die schnellsten Schwankungen mit großer Genauigkeit auf.

Der Meßtisch enthält:

Der versuchsweise angebrachte Geschwindigkeitsmesser der Firma „F. Schuchardt“ in Berlin, der Kilometer pro Stnnde direkt anzeigt, wird elektrisch betätigt, und zwar durch eine kleine Dynamomaschine, die auf einer der Laufachsen angebracht ist.

Ein kombiniertes Präzisionsinstrument für Strom- und Spannungsmessungen des Hauptfahrstromes (der Einfachheit halber fortgelassen), je einen Präzisionsstrommesser für jeden Motor (Amp.), je einen Präzisionsspannungsmesser, der die Spannungsdifferenz an den Bürsten jedes der beiden Motoren $m_1 m_2$ mißt (Volt), einen Präzisionsstrommesser für den Stromkreis der Magnetbremse.

Obige Apparate sind von der „European Weston Co.“ gebaut.

Ferner kommt hinzu und ist nicht gezeichnet: Ein Wegemesser, der den zurückgelegten Weg des Wagens in Metern zählt, indem der Zeiger bei jeder Umdrehung vermittels Luftdruckübertragung über die Länge des Radumfanges weiter geschaltet wird, ein Neigungsmesser, der direkt die Neigung der Gleise durch ein Pendel angibt. Mittels Zahnradübersetzung wird der Ausschlagwinkel auf einen Zeiger übertragen, der auf einer nach Winkelgraden geteilten Skala spielt und die Neigung direkt ablesen läßt, ein Manometer für den Druck im Luftbehälter der Luftdruckbremse (3 Atm. normal), ein Manometer, das erkennen läßt, ob der Kompressor leer läuft oder Luft komprimiert (dies ist in die Leitung eingestellt, die zu dem automatischen Luftdruckregler führt, mittels dessen der Kompressor ein- oder ausgeschaltet wird), eine Sekunden-Stoppuhr (Chronograph), ein Isolationsprüfer und ein Zugdynamometer für Anhängewagen.

Zwischen dem Meßtische und den beiden Führerständen ist eine Telephonverbindung durch laut sprechende Telephone (System Mix & Genest) hergestellt, um an Führer und Schaffner während der Messungen vom Meßtische aus Weisungen über Schaltungen, Bremsart usw. geben zu können.

Eine wichtige Rolle spielt der Meßwagen bei der Ausbildung des Aufsichtsbeamten-Personals, besonders der Fahrmeister. Der Geschwindigkeitsanzeiger dient als Hilfsmittel bei Geschwindigkeitsschätzungen; die elektrischen Messungen geben Gelegenheit, dem Personal die erforderliche Übersicht über die elektrischen Vorgänge bei der Fahrt zu verschaffen, die Stromstärke bei schnellem und langsamem Schalten auf ebener Strecke und verschiedenen Gefällen, ferner bei verschiedenen Geschwindigkeiten, beim Durchfahren von Kurven und bei verschiedenen Schienenzuständen kennen zu lernen. Sie erkennen, wie der Wattstundenzähler gewissenhaft auch jedes unnütze und unüberlegte Einschalten des Stromes registriert und überzeugen sich von

der dabei stattfindenden Vermehrung des Stromverbrauches. Auch die Stromstärken, die bei Anwendung der magnetischen Bremsung auftreten, werden dem Personal vorgeführt.

Der Fußboden des Wagens ist teilweise abnehmbar, sodaß während der Fahrt beobachtet werden kann, wie die Motoren arbeiten, die Magnetbremse, Luftdruckbremse funktioniert und die Räder bei nassem Wetter gleiten.

Tafel 114.

Figur 1. Die mit 4 Motoren und 250 PS ausgerüsteten *Lokomotiven* der *Orléans-Vollbahn* von der „Union E.-G." erbaut haben folgende Einrichtung:

Bei der Schaltung ist Fürsorge getroffen, daß das Fahrzeug auch dann fortbewegt werden kann, wenn einmal ein einzelner Motor beschädigt worden ist. Das geschieht bei Vorhandensein von nur zwei Motoren in der denkbar einfachsten Weise dadurch, daß der kranke Motor ausgeschaltet wird. Beim Einschalten des Stromes findet dieser seinen Weg während des ganzen Zeitraumes der Reihenschaltung unterbrochen, sobald man aber mit der Schaltung auf die zweite Hälfte der Walze gelangt, durch welche die Motore nebeneinander geschaltet werden, bietet sich dem Strom wieder ein Weg, und zwar durch den anderen noch gesunden Motor.

Beim Vorhandensein von vier Motoren gestaltet sich der Fall etwas schwieriger, es sei denn, daß man die Absicht hätte, bei dem Krankwerden eines Motors gleichzeitig auch seinen Nachbarmotor außer Dienst zu setzen und nur mit der anderen Motorgruppe zu arbeiten. Man begäbe sich damit aber der Verfügung über einen Teil der Zugkraft, der unter Umständen noch recht wertvoll sein kann.

Man zieht deshalb eine Schaltungsweise vor, welche beim Krankwerden eines Motors gestattet, die drei übrig bleibenden vollständig auszunützen, indem man für diesen selten vorkommenden Fall auf die Sparschaltung verzichtet und alle drei Motoren lediglich nebeneinander arbeiten läßt. Die Grundgedanken bei dieser Vorrichtung sind folgende: Jeder Motor muß sowohl auf der Seite des Stromeintrittes als auch auf der des Stromaustrittes von dem übrigen Kabelwerk abgeschnitten werden können; da das Ausschalten des kranken Motors mit einem einzigen Handgriff erfolgen soll, so müßte demnach ein Schalter mit zwei Messern Verwendung finden. Die Reihenschaltung muß auf alle Fälle beim Ausschalten des Motors zerstört werden und dazu ist es notwendig, das Kabel, welches zum Zwecke dieser Schaltung von einer Motorgruppe zur andern geführt ist, durch die Ausschalter von allen vier Motoren hindurchzuleiten und in jedem Schalter noch ein drittes Messer zur Unterbrechung dieses Kabels hinzuzufügen. Nachdem so die Möglichkeit geschaffen ist, den kranken Motor durch einen einzigen Hand-

griff auszuschalten und gleichzeitig die Reihenschaltung der Motore zu unterbrechen, müssen noch mit demselben Handgriff den gesunden Motoren neue Stromwege gebahnt werden. Zu dem Zweck fängt man die ausgeschalteten Messer in ihrer Endlage wieder durch Berührungsklemmen auf, die ihrerseits mit Kabeln in Verbindung stehen, welche den übrigen drei Motoren die verlorene Verbindung, sei es mit der Stromzuführungsseite oder mit der Seite des Stromaustrittes, wieder herstellen.

Wenden wir uns nun nach diesen allgemeinen Betrachtungen unserer Schaltung zu, um zu sehen, in welcher Weise die Schaltung bei dieser angeordnet worden ist, so finden wir zunächst, daß die Vorrichtungen für alle die verschiedenartigen Schaltungen in einem einzigen Apparat untergebracht sind, der Meisterwalze, oder, nach amerikanischer Bezeichnung „dem Kontroller". Das Schaltungsschema gibt darüber näheren Aufschluß. Die Vorrichtungen für die Sparschaltung, für das Vor- und Rückwärtsschalten und für das Ausschalten eines kranken Motors sowie das Vorschalten der Widerstände geschieht in bekannter Weise. Infolge der großen Stromstärke, die die Meisterwalze aufnehmen muß (bis zu 1600 Amp.), ist es notwendig geworden, die Streifen auf der Meisterwalze sehr breit zu machen und es hätte sich daraus eine bedeutende Höhe für diese Walze ergeben, wenn man es nicht vorgezogen hätte, die Walze auf halber Höhe abzuschneiden und die beiden Hälften nebeneinander zu setzen. Jede Hälfte ist dann nicht als Vollwalze, sondern nur als Halbwalze ausgeführt und die beiden Halbwalzen sind zu einem gemeinschaftlichen Zylinder verbunden worden. Auf diese Weise hat man zwei Doppelreihen von Berührungsfingern erhalten. Diese Finger schieben sich aber nicht, wie man aus der Figur annehmen könnte, gleichzeitig auf den Kupferstreifen, sondern nacheinander, weil man sie auf diese Weise breiter machen konnte. Verfolgen wir nun den Weg, auf welchem der Strom von der Arbeitsleitung zur Meisterwalze gelangt. Die Arbeitsleitung ist in zweifacher Weise ausgeführt worden: als Schiene zur Seite des Gleises und als T-Eisen mitten über dem Gleis an der Decke des Tunnels. Diesen verschiedenen Anordnungen der Arbeitsleitung entsprechen zwei verschiedene Stromabnahmevorrichtungen an der Lokomotive, die beide als Gleitschuhe ausgebildet worden sind und von denen nur der Schuh am Wagendach durch Vermittlung von Federn an die Leitungen angedrückt wird, während die Schuhe für die dritte Schiene schon durch ihr Gewicht einen genügend guten Stromübergang von der Schiene zum Schuh hervorrufen. Die Zahl der Schuhe beträgt 5, zwei auf jeder Seite der Lokomotive für die seitliche Arbeitsleitung, und einer auf dem Dach der Lokomotive. Von allen diesen Gleitschuhen (im Schema ist nur der Verbindungspunkt der Zuführung gezeichnet) wird der Strom zunächst nach einem Hauptausschalter geführt, von dort geht er durch ein Ampèremeter, durchläuft die Selbstinduktionsspule

bei dem Blitzableiter und geht dann zu einem Selbstausschalter, von welchem er zu dem Stromfinger der Meisterwalze geführt wird. Die weitere Stromverteilung ergibt das Schema.

Figur 2. Infolge der großen Kraftverluste bei Gleichstrom und der unangenehmen Störungen, welche man bei Gleichstrommotoren von über 750 V Spannung haben würde, wenn man die Spannung weiter erhöhen wollte, ging die „Union“ darauf aus, einen Versuch mit einem *Einphasenbahnbetrieb* zu machen, nachdem es ihr gelungen war, nach längeren Versuchen einen Einphasen-Wechselstromkollektormotor herzustellen, der allen Anforderungen entsprach. Das System bietet wesentliche Vorteile gegenüber dem Drehstrombetrieb durch Fortfall der dritten Leitung bezw. Verwendung nur einer Fahrleitung, während die Schienen als Rückleitung dienen, ferner in der Regulierung, die beim Drehstrommotor wirtschaftlich nur durch Kaskadenschaltung erreicht werden kann und die Maximalgeschwindigkeit durch die Polzahl des Motors und die Polwechselzahl in der Zentrale gegeben ist. Gemeinsam ist beiden die Möglichkeit einer Zuführung des hochgespannten Stromes. Zu den Versuchen stellte die Kgl. Pr. Eisenbahnverwaltung die Strecke *Nieder-Schöneweide — Spindlersfeld* zur Verfügung*). Auf die Konstruktion und Wickelung des Motors, sowie dessen Charakteristik können wir hier nicht näher eingehen und verweisen deshalb auf die unten aufgeführte Abhandlung.

Um die Motoren vom Stillstand bis zur vollen Umlaufzahl zu regulieren, müssen die Erregerbürsten an verschiedene Klemmen der Sekundärwindung des Erregertransformators gelegt werden. Die hierfür notwendigen Schalteinrichtungen sind dem bewährten Gleichstrom-Multiple-Unit-System der U. E. G.**) angepaßt und nur soweit verändert, wie es der Wechselstrombetrieb erforderlich macht.

Alle Schaltungen geschehen durch Öffnen und Schließen getrennter Schalter *RSch*, die elektromagnetisch betätigt werden. Den „Hilfsstrom“ für die Betätigung dieser Schützen liefert ein kleiner Transformator *HTr*. Durch Vermittlung der sogenannten Meisterwalze, die nur geringe Stromstärken (eben jene „Hilfsströme“) führt, erhalten die Schützen *RSch* in bestimmter Reihenfolge Strom und schließen die entsprechenden Stromkreise. Der zur Umkehrung der Motoren dienende Fahrtwender *FU* ist gewissermaßen eine Doppelschütze. Je nach der gewünschten Fahrtrichtung wird die eine oder die andere Kontaktstellung hergestellt. Auch der Hochspannungs-Ölschalter *HoA* ist im wesentlichen eine Schütze, die von der Meisterwalze betätigt wird.

Der Strom geht vom Stromabnehmer über eine gewöhnliche Blitzschutzsicherung *Bl* einerseits zum Transformator *HTr*, der den Strom für die

*) Vgl. auch Z. d. V. D. I. 04 Eichberg: Einphasenbahnsystem der Union E.-G.
**) s. Z. d. V. D. I. 1903 S. 848.

Steuerung der Schützen, für den Pumpenmotor *LP*, für die Westinghouse-Bremse und für die Beleuchtung *BT* liefert, anderseits zu einem als Maximalautomat ausgebildeten Ölschalter *HoA*. Dieser wird eingeschaltet mittels einer Spule, die von der Meisterwalze ihren Strom erhält, ausgeschaltet mittels einer Spule *OA*, die von einem im Hochspannungs-Stromkreis liegenden Stromwandler *StT* gespeist wird und bei Überschreitung einer bestimmten Stromstärke den Ölschalter öffnet. Von dort gelangt der Strom in den Reihen-Reguliertransformator für die Erregung, dann durch zwei Trennschalter *HA*, die nur dazu dienen, einen Motor abzutrennen, wenn er beschädigt sein sollte, in die parallel geschalteten Statorwicklungen der Motoren und von dort zur Erde, die als Rückleitung dient.

Von den sekundären Abzweigungen des Erregerstrom-Transformators führt die eine zum Fahrtwender *DU*, die übrigen zu den einzelnen Schützen *RSch*. Die von den Schützen wegführenden Leitungen gehen vereinigt ebenfalls zum Fahrtwender. Vom Fahrtwender führen zwei Leitungen zu den parallel oder in Reihe geschalteten Erregerkreisen der beiden Motoren, die ebenfalls durch Trennschalter einzeln abgetrennt werden können.

Soll der Wagen in Gang gesetzt werden, so wird zuerst die Fahrtrichtungskurbel auf „vorwärts" (oder „rückwärts") gestellt. Es erhalten, wie aus dem Schema zu ersehen ist, die Spulen h und h^1 Strom, und der Hochspannungsautomat wird eingeschaltet. Gleichzeitig erhält auch eine der beiden Schützen des Fahrtwenders *FU* Strom und bringt den Fahrtwender in die verlangte Stellung.

Wird nun die Fahrtkurbel gedreht, so erhalten nacheinander die Spulen I bis V Strom und schließen die entsprechenden Schützen, so die Stufen des Transformators T_1 einschaltend.

Tafel 115.

Figur 1. Die seinerzeitige schnelle Verbreitung des Drehstromes legte die Frage nahe, ob sich derselbe auch für elektrische Bahnen als Betriebsstrom eigne. Demzufolge sind hierüber Versuche angestellt worden, und eine Reihe von Bahnen (z. B. Jungfraubahn) ausgeführt, bei denen vorteilhaft Drehstrom zur Verwendung gelangt.

Die Firma „Brown, Boveri & Co., Baden" hat u. a. das vorliegende Schema für *Motorwagen mit zwei Bahnmotoren für Drehstrom* ausgeführt. *T* ist die Trolleyleitung, die dritte Leitung wird durch die Erdleitung ersetzt, *A* ein Ampèremeter, *S* Sicherungen, *a* ein Ausschalter für Glühlampen *Gl*. *Bl* Blitzableiter, *Strw* Stromwender, *Br* Bremsmagnet, *G* Gehäuse des Motors, *A* Anker, *AW* gemeinsamer Anlasser für die beiden Motoren; selbstverständlich sind *Strw, Br, AW* durch einen gemeinsamen Kontroller zu betätigen. Die Wirkungsweise bedarf sonst keiner weiteren Erklärung.

Figur 2. Das Schaltungsschema eines *Straßenbahnwagens mit Drehstrommotoren* zeigt uns, daß zunächst für die Stromzuführungen zwei Trolleyleitungen vorhanden sind, von denen zwei Stromabnehmer den Strom über Sicherungen S, Starkstromautomaten $SA\ max$, Induktionsspulen I des Blitzableiters Bl, Umschalter UU in die Feldwicklungen des Motors M leiten. Der dritte Pol des Gehäuses von M liegt an Erde. Die Umschalter sind in der Mitte zwischen den beiden Schleifstücken, die in eingeschalteter Stellung immer zwei Kontakte berühren (in der Figur ausgeschaltet), mit einem Isolierstück i versehen. An die Zuleitung ist ferner die Beleuchtung des Wagens mit Ausschalter a angelegt. Die Anlaßwiderstände A mit den zwei Widerständen W_{1-9} sind nun derartig mit den Schleifringen des Rotors verbunden, daß ein Schleifring direkt mit dem Anlaßhebel, die beiden anderen über die Widerstände W_{1-9} mit den zwei Kontaktreihen rechts und links der Anlasser A verbunden sind. Im Hebel von A wird daher der Anker allmählich über Widerstände W_{1-9} kurzgeschlossen, und zwar in Stellung 1—9. Durch das entgegengesetzte Drehen der Kurbel von A wird einmal eine Umschaltung des Gehäusestromes bewirkt, und dadurch die Dreh- und Fahrtrichtung umgekehrt, ferner der Rotor entsprechend den Stellungen der Fahrt 2 und 4 über die Widerstände W kurzgeschlossen. Wir ersehen hieraus, daß die ganze Anordnung sich sehr einfach gestaltet. Das Schema entspricht einer Ausführung der Firma „Ganz & Co.“, Budapest.

Figur 3. *Das vervollkommnete Einphasen-Wechselstrom-Bahnsystem von Ward Leonard* hat folgende Einrichtung*):

An die Hochspannungsfernleitung, welche mit Einphasen-Wechselstrom von z. B. 20000 V arbeitet, ist ein Streckentransformator T angeschlossen, welcher die Spannung herabsetzt und einen gewissen Abschnitt der einpoligen Kontaktleitung Tr speist. Die Rückleitung erfolgt durch die Fahrschienen. Die durch den Stromabnehmer C dem Fahrzeug zugeführte Energie wird entweder durch einen Transformator T weiter in ihrer Spannung erniedrigt oder direkt einem Einphasen-Wechselstrom-Synchronmotor W_1 zugeführt, welcher mit zwei Gleichstromgeneratoren G_1 und E_1 auf einer gemeinsamen Welle gekuppelt ist. Die Maschine G_1 dient dazu, die Anker der Motoren MM des betreffenden Fahrzeuges mit Strom zu versehen, die Maschine E_1 liefert die Erregung für sich selbst, W_1, G_1 und für die Motoren MM. Während die Motorenerregung konstant bleibt, liegt in dem Feldstromkreis des Hauptgenerators G_1 ein umsteuerbarer Regulierwiderstand R_1, welcher gestattet, die den Arbeitsmotoren M zugeführte Spannung innerhalb beliebiger Grenzen zu ändern. Das Anfahren geht daher in sehr sanfter Weise und unter nur geringem Energieaufwand vor sich.

*) S. E.T.Z. 03.

Um alle Fahrzeuge von einer Stelle des Zuges aus steuern zu können, sind vier dünne Leitungen durch den ganzen Zng geführt; die Leitungen 1 und 2 führen die Erregung für die Motoren, die Leitungen 3 und 4 die Erregung für die Hauptgeneratoren. In der der Figur zugrunde gelegten Anordnung befindet sich der Zugführer auf dem Fahrzeug I und regelt die Fahrgeschwindigkeit durch den Widerstand R_1. Das Umformeraggregat $W_2 G_2 E_2$ auf dem zweiten Fahrzeug II wird durch den Stromabnehmer C unabhängig von dem ersten Wagen gespeist; doch erfolgt die Regelung der Erregung des Hauptgenerators G_2 gleichfalls von R_1 aus, während sich R_2 in ausgeschalteter Stellung befindet. Durch die Schaltung ist dafür Sorge getragen, daß beim Zerreißen eines Zuges der Führerteil betriebsfähig bleibt, während der übrige Teil außer Betrieb gesetzt wird, da die Erregung des Hauptgenerators G_2 unterbrochen wird, wenn auch die Motoren II MM erregt bleiben.

Tafel 116.

Figur 1. *Die elektrische Lokomotive der Valtellina Hochspannung-Drehstrom-Vollbahn* (vgl. Bd. I) ist vierachsig aus zwei gegeneinander drehbaren gleichen Teilen zusammengesetzt und wird von vier Hochspannungsmotoren von 10 000 Volt und ca. 150 *PS* Normalleistung angetrieben. In schrägen Ausläufern nach vorne und hinten, wie bei elektrischen Lokomotiven üblich, sind vier Wasserwiderstände W_{1-4} eingebaut.

Die Einschaltung der Motoren, das Heben der Flüssigkeit in den Widerständen zur Herbeiführung des Kontaktes, die Regulierung der Geschwindigkeit, das Senken und Heben der Stromabnehmer usw. wird mittels Druckluft bewirkt, die ein Kompressor erzeugt, welcher über Transformator T von einem Motor angetrieben wird.

Die Regulierung beim Anlassen und während der Fahrt geschieht also durch Flüssigkeitsanlasser und Steigen- und Fallenlassen dieser im Anlasser durch Druckluft. Ist der höchste Wasserstand und demnach geringste Widerstand erreicht, so gibt eine Sperrvorrichtung die Kurzschließer Kz frei und die Anker der Motoren werden automatisch kurzgeschlossen. Die Motoren lassen sich einzeln ausschalten und durch die zwangläufig gekuppelten Umschalter C_1—C_4 in der Drehrichtung umschalten. Je nach den Steigungsverhältnissen der Strecke kann man daher 1 — 4 Motoren zum Antrieb benutzen. Wird ein Motor defekt, so schaltet man denselben einfach ab.

Figur 2 zeigt uns das *Schema der Leitungsführung des Schnellbahnwagens* der Firma S. & H. auf der Versuchsstrecke der Militärbahn Marienfelde–Zossen. Das Schema enthält alle wesentlichen Bezeichnungen, so daß sich eine eingehende Erklärung erübrigt. Nach den vorigen Beispielen erklärt sich auch die Verwendung der Kompressoren.

Tafel 117.

Der, wie wohl jedem Leser bekannt, auf der gleichen Strecke, wie Tafel 116 Figur 2 erwähnt, gelaufene *Schnellbahnwagen der A. E.-G.* ist wie unsere Figur zeigt geschaltet. Die Primärspannung ist dieselbe wie in voriger Figur. Die Führerstände sind rechts und links, also vorne und hinten im Wagen angegeben; M_{I-IV} sind die Ampèremeter für die Motoren, um den Anlaufstrom zu kontrollieren, P_1 P_2 Schalter für die Pumpen *I* und *II*, *V* Schalter für die Ventilatoren, *Kp* Kompressorschalter, *Vo* Voltmeter für Niederspannung. Die Stromzuführung geschieht über zwei dreifache Rollenstromabnehmer von der Hochspannungsleitung, deren Drähte seitlich der Strecke übereinander angeordnet sind, über Sicherungen *S*, Blitzableiter *Bl*, Watt-, Volt- und Ampèremesser (*Wt, Amp, V*) in der Hochspannung, Ausschalter *A*, Sicherungen *S* zu den Haupttransformatoren *Tr I* und *II*, von denen dann Motor $M_{1 \text{ u. } 2}$ bezw. $M_{3 \text{ u. } 4}$ gespeist werden. Von der Niederspannungsseite jedes Transformators führen Leitungen zum dreipoligen Hebelumschalter HM_1 und von diesem zu HM_2, mit welehen die Drehrichtung der Hilfsmotoren umgeschaltet werden kann. *W W* sind die Anlaßwiderstände für die Motoren M_1—M_4.

Tafel 118.

Figur 1—3. Zu den elektrischen Bahnen gehörig sind auch *Vorrichtungen, welche automatisch das Blockieren einer von einem Zuge benutzten Strecke vornehmen.* Im vorliegenden Falle ist es das *Blockierungssystem der Schwebebahn*) Vohwinkel—Barmen,* welches wir besprechen wollen.

Wie die Stromwege in der Blocksignalanlage verlaufen und wie die verschiedenen zugehörigen Teile untereinander in Zusammenhang gebracht sind, erhellt aus der für ein Geleise und einen Blockabschnitt bezw. für zwei Mittelstationen *V* und *VI* durchgeführte schematische Darstellung Figur 1. Für das zweite Geleise besteht natürlich genau dieselbe Einrichtung nochmals, nur mit dem Unterschiede, daß sie, verglichen mit jener des ersten Geleises, in allem umgekehrt bezw. symmetrisch angeordnet ist.

Die Fahrzeuge der Schwebebahn laufen auf dem Schienenstrang *F*, der in Gemeinsamkeit mit dem eisernen Tragwerk und den Jochen der Bahnanlage für sämtliche elektrischen Ströme als Rückleitung dient. Durch die beiden annähernd 8 m auseinander stehenden Stromabnehmer x_1 und x_2 des Führerwagens bezieht jeder Zug seinen Betriebsstrom aus der Arbeitsleitung *A*. Um aus der letzteren auch die für die Blocksignaleinrichtung erforderlichen Ströme abzuzweigen, sind hinter jeder Station — 20 m hinter dem Streckenblock-

*) Dinglers Annalen Heft 8, 1902 Kohlfürst: Signalanlage der Schwebebahn Vohwinkel-Barmen.

signal -- 3 bis 4 m lange, isolierte Schienenstücke $i_5\, i_6 \ldots$ eingelegt, welche von der laufenden Stromzuführung A mittels Nebenschleifen umgangen werden und mit den Blockapparaten in der dargestellten Weise durch Leitungen verbunden sind. Eine besondere, längs der ganzen Bahn von Station zu Station laufende Leitung $L_5\, L_6 \ldots$ dient ausschließlich als Weg für die Entblockungsströme. Die unterhalb der Arbeitsleitung A dargestellten Elektromagnete und Umschalter bilden die Hälfte der Blockeinrichtung des Stationsleiters; der ganz gleiche Apparatsatz, welcher, wie bereits vorhin dargelegt wurde, in dem betreffenden Signalkasten auch noch für die zweite Fahrtrichtung der Züge vorhanden ist, steht mit dem ersten, in der Figur 1 allein dargestellten, in keinem weiteren Zusammenhange. Die Blocksignalvorrichtungen der Strecke sind in Figur 1 lediglich durch die vier grünen Lampen g_5 bezw. g_6 und die roten Lampen r_5 bezw. r_6 gekennzeichnet.

Ein sich zwischen den beiden Stationen V und VI in der Pfeilrichtung bewegender Zug ist in V durch das rote Licht im Stationsapparat bei R_5 und im Streckenapparat bei r_5 gegen jeden nachfahrenden Zug gedeckt, indem die bei l_5 von der Arbeitsleitung abzweigende Lichtstromschleife über den Notumschalter U_5, ferner über s_5, den Ankerarm a_5, den Kontakt d_5, R_5, r_5 und o_5 sich unter Strom befindet. Würde während dieses Zustandes der Stationsleiter etwa den Hebel des ihm zur Verfügung stehenden Notumschalters U_5 umlegen, so daß an Stelle des Stromwegs über n_5 jener über k_5 in Schluß käme, so kann das am Blockposten V bestehende Fahrverbot keinerlei Änderung dadurch erleiden, weil die roten Signallampen genau so unter Strom bleiben, wie bei der in Figur 1 in V dargestellten Normallage für *Halt*. Wenn der von V nach VI fahrende Zug in VI einlangt, so findet er dort entweder die eben besprochene Signallage vor, wie sie die Zeichnung für die Station V darstellt, und dann darf derselbe natürlich seine Fahrt nicht fortsetzen, oder er findet jene Signallage vor, welche Figur 1 für die Station VI ersichtlich macht. In letzterem Falle ist die Weiterfahrt gestattet, denn es stehen hier in der Beleuchtungsschleife l_6, U_6, n_6, s_6, a_6, Kontakt c_6, G_6, g_6, o_6 die *grünen* Lampen unter Strom, was eben dem Signal *Freie Fahrt* entspricht. Würde bei dieser Apparatlage der Stationsleiter seinen Notumschalter in Gebrauch nehmen, so unterbricht er bei $U_6\, n_6$ den Weg zu den grünen Lampen und setzt dafür durch Herstellung des Kontaktes $U_6\, k_6$ die roten Lampen unter Strom. Erst wenn die Normallage wieder hergestellt ist, erscheint wieder das grüne Licht.

Vorausgesetzt also, daß ordnungsmäßig das Signal für *Freie Fahrt* besteht, wird der Zug nach erfolgter Abfertigung seine Fahrt fortsetzen, und 50 m hinter der Station VI auf das isolierte Schienstück treffen. Hierbei gelangt, sobald der Stromabnehmer x_1 das Stück berührt, ein Strom aus A über x_2, x_1 und in die Blockeinrichtung der Station VI; dieser Strom, welcher über

die Spulen der Elektromagnete E_6 und e_6, dann über y_6 und z_6 seinen Weg findet, bewirkt erstens, daß der Anker A_6, welcher vor dem Elektromagnet M_6 stand, nach links geworfen wird, wobei der Kontakt des Ankerhebels a_6 bei c_6 aufhört und dafür jener bei d_6 sich schließt. Hierdurch ist die Umschaltung der Lichtstromschleife von grün auf rot bewirkt und mithin die erste und wichtigste Aufgabe bereits erfüllt worden, nämlich die Selbstdeckung des Zuges. Die mit dem vorerwähnten Umwerfen des Ankers A_6 verbundene Umlegung eines zweiten, bis dahin isoliert gewesenen Ankerarmes h_6 auf den Kontakt b_6 bereitet die Entblockung der Station V vor. Demselben Zwecke dient auch die gleichzeitig erfolgte Betätigung des Elektromagnetes e_6, durch welche die auf der Ankerachse sitzende Schneppergabel p_6 q_6 eine leichte Verschiebung nach links erfährt, so daß der seitlich angebrachte Fangstift y_6 eines Armes v_6, welch letzterer von der Spannfeder f_6 des Ankers eines Elektromagnetes m_6 beeinflußt ist, seinen Halt am Schnepper p_6 verliert und nach oben ausweicht, wobei er vom zweiten Schnepper q_6 festgehalten bleibt. Sobald jedoch beim fahrenden Zuge der Stromabnehmer x_1 über das Stück i_6 hinweggelangt, hört der soeben betrachtete Zweigstrom über E_6 und e_6 wieder auf, wonach der Anker A_6 seine Stellung vor E_6 unverändert beibehält, der Anker des Elektromagnetes e_6 jedoch abreißt, weshalb die Gabel p_6 q_6 in die Ursprungslage nach rechts zurückkehrt und dem Fangstift y_6 nun auch den Halt bei q_6 entzieht. Es kann nun y_6 vollständig aus der Gabel herausschlüpfen und der Arm j_6 sich vermöge des Zuges der Abreißfeder f_6 auf den Kontakt w_6 legen. Der Kontaktarm j_6 sitzt natürlich wie v_6 auf der Drehachse des Ankers von m_6 fest.

Kurz nach diesen Vorgängen gelangt nun der Zug mit dem rückwärtigen Stromabnehmer x_2 auf i_6 und es erfolgt daher eine zweite Stromgebung von A aus über x_1, x_2 und i_6. Der betreffende Strom geht einerseits wieder über E_6 und e_6, ohne an der Lage der Apparate in VI irgend etwas mehr ändern zu können, anderseits findet er von x_6 einen zweiten Weg über j_6, w_6, t_6, h_6, b_6 und die Fernleitung L_5 nach V, wo er über M_5, m_5, y_5 und z_5 zur Rückleitung F gelangt. Hierdurch wird in V der Anker A_5 nach rechts geworfen, wobei die Stromwege a_5 d_5 und b_5 h_5 aufhören und jener bei a_5 c_5 entsteht; zugleich hat der Elektromagnet m_5 seinen Anker angezogen und dadurch den Kontakt bei j_5 w_5 gelöst, sowie den Arm v_5 so weit gekippt, daß der Fangstift y_5 wieder in die Schneppergabel p_5 q_5 hineingedrückt wird, wo er, wenn die Erregung von m_5 wieder aufhört, vom Schnepper p_5 festgehalten bleibt. Wie man sieht, wurden auf diese Weise die roten Lichter in V in grüne umgewandelt, d. h. das dort bestandene Fahrverbot aufgehoben und außerdem die Gesamtvorrichtung für eine nächste Zugdeckung vorbereitet. Bis der ins Auge gefaßte Zug das isolierte Stück i_6 völlig überfahren hat, besitzt also die Station VI genau die Stellung wie in der Zeichnung die Station V, und

letztere hingegen die in Figur 2 dargestellte Lage der Station *VI*; *VI* zeigt dann rotes, *V* grünes Licht.

Nach einiger Zeit hat man aber an der obigen Blocksignaleinrichtung eine kleine Änderung versucht, welche ohne jegliche Beeinträchtigung der Sicherheit und ohne Herabminderung der tadellosen Arbeitsfähigkeit der Anlage einen ganz wesentlichen wirtschaftlichen Erfolg erzielen ließ. Nach dem Grundsatze, daß das Ausbleiben jedes Signalzeichens an einer bestimmten, den Zugbeamten genau bekannten Signalstelle ebenso als strenges Fahrverbot aufzufassen ist wie das Haltsignal selber, wurde beabsichtigt, die regelmäßige Anwendung des roten Lichtes einfach fallen zu lassen, was ja dank des Umstandes, daß die Blocksignale immer zugleich als Stationsausfahrtssignale dienen, leicht durchgeführt werden konnte. Nach dieser neuen Anordnung durfte, gerade wie bei der früheren, jeder Zug eine Station eben nur dann verlassen, wenn er durch *grünes Licht* an der Blocksignalstelle die Erlaubnis zur Fahrt erhielt. Da es übrigens keineswegs notwendig ist, daß dieses Signalzeichen früher erscheint als die Züge Fall für Fall die Stationen erreichen, wurde der Blockeinrichtung noch ein Zusatzschalter beigefügt, welcher es vermittelt, daß auch die grünen Lampen nur so lange brennen, als es der Dienst unbedingt erfordert. Auf diese Weise würde die Speisung der roten Lampen ganz und jene der grünen Lampen zum größeren Teile erspart worden sein, was in Anbetracht der nennenswerten Stromkosten für die Lichtsignale älterer Form, welche sich jährlich etwa auf 12 000 M. beliefen, einen erstrebenswerten Vorteil bedeutet.

Wie das Stromführungsschema der geplanten Anordnung (Figur 6) gleich auf den ersten Blick erkennen läßt, ist der Unterschied gegen die ursprüngliche Gestaltung äußerst gering. Zuvörderst sind die Apparate, welche in Figur 2 die nämliche Buchstabenbezeichnung haben wie in Figur 1, alle dieselben geblieben und nur um einen Stromschließer vermehrt worden, der von zwei Elektromagneten gesteuert wird. Je nachdem beispielsweise in der Station *V* (Figur 2) der gemeinsame Anker T_5 der beiden Elektromagnete P_5 und Q_5 links oder rechts lagert, ist der Stromweg von B_5 über H_5 nach C_5 hergestellt oder nicht hergestellt. Eine zweite Neuerung besteht in je einem isolierten Stücke $J_5\, J_6 \ldots$ (Figur 2), das 100 m vor jeder Station in die Arbeitsleitung A eingefügt wurde, und ein dritter Unterschied findet sich endlich noch darin, daß die Drahtverbindung zur Lichtstromschleife bei $d_5\, d_6 \ldots$ beseitigt ist, so daß diese Kontakte nicht mehr als solche, sondern nur mehr als Anschlag für die Ankerhebel $a_5\, a_6 \ldots$ dienen, allenfalls aber auch ganz weggenommen werden können.

So lange sich ein von *V* nach *VI* verkehrender Zug zwischen den beiden Stationen bewegt, wird er in *V* gedeckt sein müssen, d. h. es dürfen in *V* keine grünen Lampen brennen, was ja auch tatsächlich der Fall ist, weil in

der betreffenden Lichtstromschleife sowohl bei c_5 als bei C_5 Unterbrechungen bestehen. Es kann aber auch kein rotes Licht erscheinen, weil von d_5 aus keine leitende Verbindung mehr zur Lichtstromschleife vorhanden ist.

Auf Grund der durchaus günstigen Erfolge, welche bei Erprobung der soeben geschilderten Versuchsanordnung erzielt worden sind, hat man die wirtschaftlich so wertvolle Neuerung auf die ganze Bahn ausgedehnt, lediglich mit der Einschränkung, daß das rote Licht grundsätzlich und allgemein, d. h. also auch in den gewöhnlichen Mittelstationen nicht vollständig beseitigt werden, sondern ebenso wie das grüne Licht nur dann und so lange sichtbar sein soll, als es zur sicheren Durchführung der Zugdeckung erforderlich ist. Bei dieser Anordnung, welche nunmehr endgültig zur Einführung angenommen wurde, bleiben die vorhin besprochenen, durch Figur 2 erläuterten Zusatzapparate und die 100 m vor den Bahnsteigen eingelegten Streckenstromschließer in gleicher Weise in Benutzung, dagegen erhält das Stromlaufschema (Figur 3) eine vereinfachte Anordnung, welche, bis auf die vier Anschlüsse des Zusatzapparates — mit der ursprünglichen, in Figur 1 dargestellten, ganz übereinstimmt. Das Ablöschen des Signallichtes, nämlich das Öffnen des Ankerkontaktes am Zusatzapparat geschieht nach dieser endgültigen Schaltung ebenfalls bei der Ausfahrt jedes Zuges aus den Stationen gelegentlich der selbsttätigen Deckung, allein nicht wie bei der vorhin betrachteten Versuchsschaltung durch den Entblockungsstrom, sondern mit dem Blockierstrom. Wenn beispielsweise ein Zug nach dem Verlassen der Station *VI* (Figur 3) über i_6 hinwegfährt, gelangt die erste Stromsendung über E_6 e_6 und P_6 zur Rückleitung, bewirkt sonach die Haltlage im Blockfeld, also das Verlöschen des grünen Lichtes, zugleich aber auch die Unterbrechung des Leuchtstromkreisses zwischen C_6 und B_6, weshalb das rote Licht nicht erscheinen kann. Der zweite von i_6 ausgehende Strom nimmt seinen Weg (genau wie in Figur 1) über v_6, w_6 und L_5 in die rückliegende Nachbarstation, um dort über M_5 und m_5 bei z_5 in die Rückleitung zu gelangen; nichtsdestoweniger kann in *V* das grüne Licht nicht sichtbar werden, weil die Speiseleitung der Signallampen noch von der letzten Haltstellung her zwischen C_5 und B_5 unterbrochen ist. Das Anzünden des Blocksignals erfolgt immer erst vor der Einfahrt in die Stationen, indem die beim Überfahren der von der Arbeitsleitung isolierten Stücke J_5 J_6 . . . ausgesendeten Ströme über die Elektromagnete Q_5 Q_6 . . . ihren Weg nehmend die Kontakte $C_5 B_5$, $C_6 B_6$ . . . schließen. An dem Wesen der Signalisierung wird vorliegendenfalls nichts geändert, denn *grünes* Licht bedeutet *„Ausfahrt erlaubt"*, *rotes* Licht oder *kein* Licht gilt für *„Ausfahrt verboten"* und der Zugführer darf keine Station verlassen, wenn das Blocksignal nicht *grünes* Licht zeigt.

Eine interessante Besonderheit dieser jüngsten Umgestaltung der ursprünglichen Streckenblockeinrichtung besteht, wie man sieht, noch darin, daß

die Gebrauchweise dem *eigentlichen Blocksystem* im englischen Sinne entspricht, bei welchem bekanntlich die Signale an den Blockposten normal auf *Halt* stehen und nur für die Durchfahrt der einzelnen Züge, wenn sich in der vorausliegenden Strecke kein Zug befindet, vorübergehend auf *Freie Fahrt* gebracht werden. Es ist dies eine Betriebsform, welche man bei den selbsttätigen Blocksignalanlagen bisher — eine einzige amerikanische Anordnung der *Hall-Company* ausgenommen — aus naheliegenden Gründen nie zur Anwendung gebracht hat, obwohl dieselbe im allgemeinen als die korrektere gilt und bei den nichtselbsttätigen Blocksignaleinrichtungen der Vollbahnen mit Recht stets bevorzugt wird.

VIII. Abschnitt.

Schaltungen von elektrisch angetriebenen Automobilwagen und Booten.

Tafel 119.

Figur 1. Bei der *Schaltung für die Automobilwagen* kommt es vor allen darauf an, die Batterie, welche in verschiedene Gruppen geteilt wird, zur *Regelung der Geschwindigkeit* zu benutzen, was *durch Parallel- oder Hintereinanderschalten der einzelnen Gruppen* erreicht wird. Ferner muß eine Vorkehrung getroffen werden, daß die Batterien, die gewöhnlich mit viel geringerer als der Spannung von 110 oder 220 Volt arbeiten, mit Hilfe eines Widerstandes geladen werden. Ferner gehört zur Kontrolle der Batterie bei Ladung sowie Entladung ein Ampèremeter, ein Voltmeter und ein Stromrichtungszeiger. Letztere Apparate sind einfachheitshalber in den Schematas fortgelassen.

Das vorliegende Schema zeigt nun eine Schaltung der „Motorfahrzeug-A.-G. Marienfelde" bei Berlin. Der Motor ist für *max* 20 Ampère und 75 Volt gebaut, und die Batterie hat 70 Ampèrestunden. Mit Hilfe der Kontrollerstellung 1, 3, 5 kann der Wagen 3 Geschwindigkeiten erhalten. Stellung 2 und 4 sind Übergangsstellungen, in denen die Batterie ausgeschaltet ist, um in 3 und 5 die Gruppen anders verbinden zu können. Der Umschalter U dient zur Stromrichtungsumkehrung im Anker A des Motors M. FSp ist eine Funkenlöscherspule, U der Umschalter, der auf Ladung L und Entladung E die entsprechende Verbindung der Batteriegruppe B_1—B_4 vornimmt, $L+L-$ sind die Anschlußladekontakte; die Bremsung geschieht über Widerstand W; die einzelnen Kontrollerstellungen sind folgende:

Fahrt 1. Batterie 1—4 parallel auf den Motor arbeitend.
„ 3. „ 1 und 2 parallel, Batterie 3 und 4 parallel; die Gruppen hintereinander auf den Motor arbeitend.
„ 5. Batterie 1—4 hintereinander auf den Motor arbeitend.
„ 2 und 4 ist die Batterie wie erwähnt ausgeschaltet.

Die Bremsstellungen ergeben sich aus der Figur.

Die Lenkung des Wagens geschieht auf mechanischem Wege wie fast immer, in

Figur 2 jedoch ist eine *elektrische Lenkung* auf sehr einfachem Wege dadurch erzielt, daß die an der steuerbaren Vorderachse sitzenden Räder von je einem von zwei parallel arbeitenden Motoren mit Anker $A_1 A_2$ und Magnetwicklung $M_1 M_2$ angetrieben werden. Der Ankerstrom wird nun von $A_1 A_2$ zu zwei Schleifbahnen geführt, an welche sich die Widerstände $W_1 W_2$ anschließen. In der Mittelstellung des stromabnehmenden Hebels H haben beide Anker gleiche Stromstärke. Dreht man jetzt z. B. den Hebel H durch das Handrad in Richtung l, so wird vor A_1 Widerstand geschaltet und dieser Motor langsamer laufen. A_2 behält aber seine Tourenzahl bei, sodaß die Räder des Wagens verschiedene Geschwindigkeit erhalten und der Wagen nach links abgelenkt wird. Die Schaltung wurde zuerst von den Sächsischen Akkumulatorenwerken, A.-G. Dresden, angewendet.

Figur 3. Die „Vereinigte Elektrizitäts Aktien-Gesellschaft“ Wien verwendet*) zwecks guter Regulierbarkeit außer der *Gruppenschaltung der Batterie* einen *Hauptstrommotor mit zwei Kollektoren*. Die einzelnen Stellungen Vorwärts, Halt, Bremsen, Rückwärts lassen sich mit Hilfe eines Kontrollers erreichen. Die Batteriegruppen $B_1 B_2$ sind in Fahrstellungen 1 und 2 parallel, in 3—6 hintereinander geschaltet, bei Rückwärts ist nur die parallele Anordnung getroffen. $C_1 C_2$ sind die beiden Kollektoren des Motors, M die Magnetwindungen, W_1—W_3 Widerstände, die einmal zum Anlassen des Motors (W_1), anderseits als Bremswiderstände (W_1—W_3) in Bremsstellung 1—4 benutzt werden. Die erwähnten Kollektoren $C_1 C_2$ sind in Stellung 5 und 6, d. h. für schnellste Fahrt parallel, sonst durchweg hintereinander geschaltet.

Figur 4. Wir haben in Figur 2 und 4 der Tafel 105 eine Schaltung gesehen, welche bezweckt, Pufferbatterien von Zentralen mit der Betriebsspannung zu laden, indem die Batterien in Gruppen geteilt werden und diese dann mit Hilfe eines Vorschaltwiderstandes geladen werden. Nach diesem Prinzip ist auch ein nach der Konstruktion von Löwitt-Wien, von „Dr. Paul Meyer A.-G.“ Berlin gebauter *Gruppenschalter für Sektionsladung von Akkumutatorenbatterien* beschaffen.

Der Schalter besteht aus den Schleifringen 1, 2 . . . . —8, auf welchen die um 120° versetzten Schleiffedern I, II, III des dreiarmigen Hebels schleifen. Dieser kann in vier Stellungen *a, b, c, d* für die verschiedenen Schaltungen in Funktion treten, Z ist der Zellenschalter (für die Entladung nötig), B_1, B_2, B_3 die drei Gruppen der Batterie, R ein regulierbarer Ladewiderstand. Der

*) cf. E.T.Z. 1899, Nr. 83.

Vorteil dieser Schaltung ist der, daß die Erhöhung der Ladespannung fortfällt. Die sonst übliche Ladung in zwei Reihen ist bedeutend unökonomischer und wird schließlich auch in der Anschaffung infolge der hohen Ladestromstärke kostspieliger. Nehmen wir z. B. an, daß eine Akkumulatorenbatterie für 220 Volt Betriebsspannung mit einer Ladestromstärke von 60 Ampère geladen werden soll, so müßten bei Ladung in zwei Hälften je 60 Zellen der 120 Zellen starken Batterie unter Hilfe eines Widerstandes geladen werden. Dieses würde einem Kraftverbrauch von:
$2 \cdot 60 \cdot 220 = 26400\ KW$ entsprechen, während bei einer durchschnittlichen Ladespannung von 2,4 Volt p. Zelle nur $60 \cdot 2{,}4 \cdot 120 = 17280\ KW$ geladen werden und $26400 - 17280 = 9120\ KW = \frac{9120}{650} =$ ca. 15 PS im Widerstand vernichtet werden.

Teilen wir nun die Batterie in drei Teile zu 40 Elementen und laden nur 2 Gruppen von 80 Elementen gemeinsam, so stellt sich die Rechnung wie folgt:

Der Kraftverbrauch ist

	$1 \cdot 60 \cdot 220 =$	$13200\ KW$
Geladen werden . .	$80 \cdot 2{,}4 \cdot 60 =$	11520 „
Mithin werden vernichtet		$1680\ KW = \frac{1680}{650} =$ ca. 2,6 PS.

Bei einer vollen Ladung würde dann auch für die erste Schaltung der Verlust sein:

$3\frac{1}{2}$ Stunde à 15 $PS = 52{,}5$ PS-Stunden, für die zweite Schaltung jedoch nur:
$3\frac{1}{2} \cdot 1\frac{1}{2}$ Stunde à 2,6 „ $= 13{,}6$ „ „ , oder durch die zweite Schaltung ein Vorteil von . . 38,9 PS-Stunden erreicht werden.

Die Betriebsspannung von 220 Volt reicht ferner für die Ladung von 80 Zellen aus, da die Entspannung der Ladung $80 \cdot 2{,}7 = 216$ Volt beträgt. Die Schaltungen *a, b, c, d* ergeben bei Verfolgung der Verbindungsleitungen folgende Kombination:

Schaltung	*a*	Entladung,	*B* 1, 2, 3	hintereinander,
„	*b*	Ladung	*B* 2, 3	„
„	*c*	„	*B* 1, 3	„
„	*d*	„	*B* 1, 2	„

Figur 5. *Schaltungsschema einer Automobilausrüstung mit einem Motor* nach „Schuckert". Die Fahrschalter für Ausrüstungen mit einem Motor enthalten folgende Stufen:

2 Rückwärts: Batterie parallel, ohne Widerstand v. d. Motor, Ankerstr. reversiert.
1 „ „ „ mit „ „ „ „ „ „

II	Bremse:	Batterie ausgeschaltet,	Motor ohne	Widerstand kurzgeschlossen.			
I	"	"	" " mit	"	"		
0	Halt:	"	in Serie, Motor ausgeschaltet.				
1	Vorwärts:	"	parallel, mit Widerstand vor dem Motor.				
2	"	"	" ohne	"	"	"	"
3	"	"	in Serie, mit	"	"	"	"
4	"	"	" " ohne	"	"	"	"
5	"	"	" " Widerstand parallel zur Magnetspule.				

Figur 6. *Schaltungsschema einer Automobilausrüstung mit zwei Motoren* nach „Schuckert". Die einzelnen Stufen der Fahrschalter für 2 Motoren sind folgende:

2	Rückwärts:	Motoren in Serie,	ohne	Widerstände,	Ankerstrom	reversiert.
1	"	" " "	mit	"	"	"
II	Bremse:	" " "	ohne	"	kurzgeschlossen,	
I	"	" " "	mit	"	"	
0	Halt:	" ausgeschaltet				
1	Vorwärts	" in Serie	mit	Widerständen		
2	"	" " "	ohne	"		
3	"	" parallel	mit	"		
4	"	" "	ohne	"		
5	"	" "	Widerstände parallel zu den Magnetspulen.			

Batterie in allen Stellungen ungeteilt.

Die erforderlichen Regulierwiderstände sind in einer besonderen Form ausgeführt, welche sich durch äußerst geringen Raumbedarf auszeichnet.

Von sonstigen Apparaten für Automobilausrüstung sind noch die Meßinstrumente zu erwähnen. Das Instrument, welches einen kombinierten Strom- und Spannungsmesser darstellt, ist nach dem System Deprez-d'Arsonval gebaut, besitzt eine vorzügliche Dämpfung und ist vollkommen wasserdicht. Der Strommesser liegt nicht direkt im Hauptstromkreise, sondern ist zu einem Widerstande parallel geschaltet, welcher den größten Teil des Stromes aufnimmt. Der Anschluß des Meßinstrumentes kann daher durch ganz schwache Drähte erfolgen, weshalb die Anordnung des Instruments an ganz beliebiger Stelle erfolgen kann.

Auch alle sonstigen Nebenapparate, wie Ausschalter, Bleisicherungen, Steckkontakte, Beleuchtungskörper, werden an den entsprechenden Stellen eingebaut.

Tafel 120.

Figur 1. Das *Schaltungsschema für einen Straßenomnibus* der „Gesellschaft für Verkehrsunternehmungen, Berlin", der vor einiger Zeit in Berlin in regel-

mäßigen Betrieb genommen wurde, zeigt uns diese Figur. Die Ausrüstung dieser Wagen, die die Firma Siemens & Halske im Verein mit den „Akkumulatorenwerken System Pollak" vollführte, besteht aus einer zweiteiligen Batterie B_1 und B_2 von je 20 Zellen und 2 Motoren M_1 M_2 nebst zugehörigen Schaltapparaten und zwar: Umschalter U für Ladung L und Entladung E der Batterie, $+c - cL$ Ladekontakte, $SA\ max$ ein automatischer Starkstromausschalter; Br_{1-3}, Fahrern 1—8 sind die Kontrollerstellungen, FSp die Funkenlöscherspule, Wb die Brems- und Anlaßwiderstände, $W_1\,W_2$ Nebenschlußwiderstände zur Schwächung der Magnetfelder der Motoren. Ein Kontrollerumschalter dient zur Änderung der Drehrichtung der Motoren bezw. Rückwärtsfahrt des Wagens. Die Stellungen des Kontrollers entsprechen nun folgenden Anordnungen:

1. Batterie B_1 und B_2 parallel, Motoren hintereinander.
2. Ausgeschaltet (Übergangsstellung).
3. Batterie $B_1\,B_2$ parallel, Motoren parallel.
4. Batterie $B_1\,B_2$ parallel, Motoren parallel. Nebenschlußwiderstand zu den Magnetwicklungen.
5. Ausgeschaltet (Übergangsstellung).
6. Batterien $B_1\,B_2$ hintereinander, Motoren parallel mit Vorschaltwiderstand Wb.
7. „ „ „ „ „ „ ohne „
8. „ „ „ „ „ „ „ „ mit Nebenschlußwiderstand zu den Magnetwicklungen.

Die Bremsstellungen der Kurzschlußbremse ergeben sich ohne weiteres aus dem Schema.

Figur 2. Die von der „A.E.G." gebauten *Wagen der gleislosen Bahnen* bei Dresden sind mit den Motoren $M_1\,M_2$ ausgerüstet. Der Kontroller hat 5 Fahrtstellungen, in welchen die Motoren über die Widerstände W allmählich eingeschaltet werden und zwar in 2 Stellungen des kleinen Kontrollers zunächst in Serie (S), dann parallel (P) und zwar beides für Vor- und Rückwärtsgang. Fl ist die Funkenlöscherspule. Die Stromzuführung geschieht mittels eines kleinen vom Wagen nachgezogenen auf dem Fahrdraht laufenden Wagens, von dem der Strom dann zum Kontroller geleitet wird.

Figur 3. Das *„System Lombard Gérin"* unterscheidet sich von den anderen Automobilsystemen dadurch, daß der Strom dem Wagen, der sich frei auf der Straße bewegen kann, durch zwei Trolleyleitungen $+ - T$ zugeführt wird, der Wagen daher nur auf der Strecke fahren kann, auf welcher die nötige Ausrüstung vorhanden (gleislose Bahn). Die Schaltung des Wagens mit Motor M und Hebelausschalter H ist im Schema genau zu ersehen, da der Stromverlauf für die gezeichnete Stellung mit Pfeilen angedeutet ist. W_1—W_{12} sind

die Anlaßwiderstände (*Br* eine magnetische Bremse s. u.), die über Glühlampenwiderstand *Wi* geschaltet wird. Besonderer Erwähnung bedarf noch die Stromzuführung, welche derartig ist, daß der Strom nicht mittels starrer Rollen- oder Schleifkontakte, sondern mit einem auf den Trolleydrähten laufenden kleinen Motorwagen abgenommen, und durch ein biegsames Seil dem an beliebiger Stelle der Straße fahrenden Wagen zugeführt wird. Dies wird nun erreicht, indem der Motor des Wagens, der von den zwei Laufrollen des kleinen Wagens *DM* gespeist wird, einen Anker erhält, der einmal einen Kollektor für Gleichstrom, das andermal drei Schleifringe besitzt, die mit 3 um 120° versetzten Punkten der Ankerwicklung verbunden werden und von denen daher Drehstrom abgenommen werden kann. Die Schnelligkeit des Motorkontaktwagens richtet sich nun ganz nach der Schnelligkeit des Ankers des Hauptmotors, wie ja augenscheinlich, und zwar läuft der kleine Drehstrommotor etwas schneller, damit die Kabelleitung zu ihm stets gespannt ist. Eine zu straffe Spannung wird durch das Gleiten der Rollen verhindert. Bei starker Neigung der Fahrbahn und demgemäß der Trolleyleitungen wird der Motor durch eine oben erwähnte Bremse *Br* gebremst. Die Umkehrung der Drehrichtung des Motors *M* erfolgt direkt durch entgegengesetzte Drehung des Anlasserhebels, die des Motors *DM* durch Umschalten des Hebelumschalters *U*.

Tafel 121.

Figur 1 und 2. Für die *Steuerung eines Bootsmotors M* verwendet die Akkumulatoren-Fabrik A.-G. Berlin-Hagen die folgenden Schemata.

Um dem Boote verschiedene Geschwindigkeiten zu geben, hat man einen Umschalter *U* bezw. *AW* vorzusehen. Einmal muß die Batterie in verschiedenen Gruppen parallel und hintereinander geschaltet und weiter die Feldstärke des Motors verändert werden können. Da hierdurch Geschwindigkeit und Bewegungsrichtung in einfacher Weise beeinflußt werden, so ist die Anordnung von verstellbaren Schrauben, die für Petroleummotorboote häufig verwandt werden, nicht erforderlich.

Durch Schaltung der Batterie in vier, zwei und eine Reihe läßt sich eine Geschwindigkeitsabstufung in weiten Grenzen erzielen; diese Schaltung ist vielfach bei elektrischen Booten in England und Amerika angewandt worden, so z. B. bei den Booten, die auf der Weltausstellung in Chicago ausgestellt wurden. In neuerer Zeit ist man jedoch infolge der fortschreitenden Erfahrung in der Akkumulatorentechnik davon abgekommen, ohne zwingende Gründe Batterien parallel geschaltet arbeiten zu lassen; man schaltet die Batterie höchstens noch in zwei Reihen und zwar nur für die Anfahrtstellung und für die langsame Fahrt. Normal wird stets so gefahren, daß die Elemente der Batterie in einer Reihe geschaltet sind. Aber auch in den Fällen, wo man

für die Anfahrt bei Schaltung der Batterie in einer Reihe lediglich einen Widerstand vor den Motor schaltet, ist ein besonderer Reihenschalter *U* zweckmäßig, mittels dessen man die Batterie in zwei Reihen zu schalten vermag. Diese Anordnung ist besonders der Betriebssicherheit wegen zu treffen. Sollte sich nämlich während des Betriebes die Verbindung zwischen zwei Elementen lösen, so besteht durch Schaltung der Batterie in zwei Reihen die Möglichkeit, die Fahrt fortzusetzen, wenn auch mit halber Spannung, d. h. mit verminderter Geschwindigkeit.

Die zweite Art der Geschwindigkeitsregulierung ist die, daß die Feldstärke des Motors verändert wird. Man erreicht dies einmal dadurch, daß, ähnlich der Regulierung bei Straßenbahnen, die Magnetwicklungen in verschiedene Spulen geteilt sind, welche zur Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit teilweise abgeschaltet werden, ferner durch Vorschalten eines regulierbaren Widerstandes *W* vor die Magnetwicklungen und schließlich durch Parallel- und Hintereinanderschaltung der Magnetwicklungen selbst. Alle diese Umschaltungen sind bei elektrischen Booten in Verbindung mit dem Schalten der Batterie in einer und zwei Reihen bereits angeführt worden.

Für kleinere Boote ist es zweckmäßig, folgende Schaltungen vorzusehen:

1. Anfahrstellung: Batterien in zwei Reihen;
2. Normale Fahrstellung: Batterien in einer Reihe;
3. Vollfahrstellung: Schwächung des Magnetfeldes durch einen Widerstand bezw. Parallelschaltung der vorher hintereinander geschalteten Magnetwicklungen (Figur 1).

Für Boote mit größerer Maschinenteilung, etwa von 10 *PS* ab, muß man einen Widerstand *AW* vor den Motor schalten (Figur 2), so daß für die Anfahrstellung statt der Batterieschaltung in zwei Reihen die Batterie in einer Reihe und ein Widerstand vor dem Motor angeordnet wird: dieser Widerstand wird bei normaler Fahrstellung ausgeschaltet. Um die Möglichkeit zu haben, die Batterie auch in zwei Reihen zu schalten, ordnet man einen besonderen Reihenschalter an. Dann kann man den Umschalter sämtliche Stellungen, sowohl für die Batterie in einer Reihe, als auch für die in zwei parallele Reihen geschaltete Batterie einnehmen lassen, was sechs verschiedenen Geschwindigkeiten entspricht. Auch die Magnetwicklungen können durch einen besonderen Reihenschalter beeinflußt werden, so daß eine große Zahl von verschiedenen Geschwindigkeitsabstufungen bei einem und demselben Boot auf außerordentlich einfachem Wege möglich ist. In den meisten Fällen wird es jedoch genügen, über eine Anfahrstellung, eine normale Fahrstellung und eine Stellung für größere Geschwindigkeit zu verfügen.

Je nach den Betriebsverhältnissen und der Art des Motors wird man die eine oder andere Art der Schaltung wählen. Die Leitungen erhalten natürlich zur Beobachtung der Batterie Schalter, Volt-, Ampèremeter, Sicherungen usw.

Figur 3. In der L'Eclairage Electrique 1899 ist ein Kontroller von „Edwards und Beevor" beschrieben, welcher für die *Fahrtregelung eines elektrischen Bootes* dient und dessen Schaltung folgende ist:

B_I B_{II} ist die Batterie mit den Umschaltern U für Ladung L und Entladung E, $L - c + c$ sind die Ladekontakte, A ist der Anker, M die Magnetwickelung des Motors, G der Griff des in Stellung *II St* vorwärts stehenden Hebels des Kontrollers; die weiteren Stellungen sind *I St* vorw., Halt = 0 *St*, *I St* rückw., *II St* rückw.

In der 0-Stellung ist alles ausgeschaltet.

„ „ *I*- „ vorw. oder rückw., beide Batterien parallel geschaltet.

„ „ *II*- „ „ „ „ „ „ hintereinander.

Diese Stellungen werden durch entsprechende Bewegung am Handgriffe G erzielt. Im Übergang von einer in die andere Stellung wird der Strom unterbrochen. Die Unterbrechung und Einschaltung erfolgt unter Vorschaltung von Widerständen W_1—W_3 und R_1—R_3, welche mit Hilfe von Hebel m geschaltet werden.

Die eigentliche Betätigung dieser erwähnten Schaltapparate geschieht nun mittels einer Zahnradübersetzung (s. nebenstehende Zeichnung, die jedoch nicht maßstäblich ist, sondern nur das Prinzip erläutern soll) durch den Hebel H, der um r_{II} drehbar ist: mit H ist ein Zahnrad starr verbunden, das auf ein an m sitzendes zweites Rad wirkt und zwar derartig, daß m eine Umdrehung macht, wenn H um 45° von einer in die andere Stellung geht. Ein zweites an m sitzendes größeres Zahnrad mit Stift t verstellt bei einer Drehung von m wieder den eigentlichen Schalter um 45° in die entsprechenden Schaltungen, so daß dieser immer konform mit H steht. Hierdurch wird erreicht, daß zur Vermeidung der Funkenbildung beim Übergang der verschiedenen Ein- und Ausschaltwagen sowohl beim Verlassen der Kontakte die Stromunterbrechung, als auch beim Einschalten der Stromschluß über die erwähnten Widerstände W_{1-3} und R_{1-3} geschieht, da m immer zwischen jeder Stellung von H eine ganze Umdrehung machen muß, und daher beide Widerstände in der gerade nötigen Weise vorschaltet, und zwar beim Ausschalten von niedrig zu hoch, beim Einschalten von hoch zu niedrig.

IX. Abschnitt.

Schaltungen für galvanoplastische usw. und elektrochemische Anlagen.

Tafel 122.

Figur 1, 1a. *Bei der Galvanisierung,* bei welcher eine dünne metallische Schicht auf der Kathode (— Pol) niedergeschlagen wird, schaltet man die *Bäder gewöhnlich parallel* nach Figur 1; *bei der Galvanoplastik,* bei welcher starke Niederschläge verlangt werden und zwar für Abgüsse, Klischees werden die *Bäder gewöhnlich hintereinander* nach Figur 1a angeordnet.

Die Dynamo D in Figur 1, welche eine Spannung von 2—6 Volt und eine gerade gewünschte Stromstärke besitzt, welche der Anzahl der Bäder und der hierdurch bedingten Anodenoberflächen (+ Pol) entsprechen müßte, erhält Hebelschalter H, Regulator NR und Voltmeter V wie Ampèremeter A. Zwischen dem + und — Pole liegen dann die einzelnen Bäder parallel. Die Stromstärke jedes Bades kann an A abgelesen und mit Regulierwiderstand RW nach Wunsch eingestellt werden. Die Anodenzahl ist gleich derjenigen der Kathoden + 1.

In Figur 1a ist eine Stromquelle von ca. 10—40 Volt gedacht, die eine der Anodenoberfläche entsprechende Stromstärke liefert. Die Apparate sind dieselben wie in Figur 1, mit dem Unterschiede, daß an Stelle des Regulierwiderstandes RW ein Nebenschlußwiderstand NW parallel zu den Bädern geschaltet wird; das hierbei angeordnete Ampèremeter A zeigt daher den durch NW fließenden Strom, sodaß der Strom des Bades gleich der Differenz des Haupt- und des betreffenden im Nebenschluß liegenden Ampèremeters ist. Man kann natürlich auch das Ampèremeter in die Leitung des Bades einschalten und dann direkt ablesen.

Figur 2. Bei der vorliegenden mit zwei getrennten Bädern von der Firma „Siemens & Halske“ ausgeführten Anlage ist gedacht, daß ein elektrisches Leitungsnetz mit einer Spannung von 110 oder 220 Volt vorhanden ist. Der Motor M ist direkt mit der galvanischen Maschine D gekuppelt.

Parallel zur Dynamo *D* liegt eine Akkumulatoren-Batterie *B*, die insbesondere bei Nacht und an Feiertagen den Betrieb allein übernehmen kann. In der Dynamoleitung, in derjenigen des Akkumulators und in der Badleitung liegt je ein Strommesser *A*. Von der einen Badleitung zweigen parallel die Verbindungen zu je einem Regulierwiderstand *RW* und von da zu der Kathode des Bades ab. Die Anoden liegen an der anderen Leitung, an dem positiven Pol. Die Bestimmung des richtigen Pols kann mit Polreagenzpapier oder mit dem Stromrichtungszeiger erfolgen. Die Maschinenspannung kann durch den Nebenschlußregulierwiderstand *NR* innerhalb gewisser Grenzen, wie dies insbesondere für das Laden des Akkumulators nötig wird, verändert werden. Der Spannungszeiger in Verbindung mit dem Umschalter gestattet, die Spannung der Dynamo, des Akkumulators und der einzelnen Bäder zu messen.

Figur 3a bis c. Verschiedene *Schaltungen für eine elektrische Schmelzanlage,* beispielsweise zur Kalziumkarbidgewinnung zeigen die einzelnen Figuren. Die Spannung des zugeführten Stromes beträgt 60—75 Volt, je nach der Höhe der Stromstärke, welche 200—2000 Ampère und darüber beträgt. Für den Schmelzprozeß kann übrigens mit denselben Erfolgen Wechselstrom wie Gleichstrom verwendet werden.

In Figur 3a wird uns *die Schaltung eines Karbidofens* nach „Bullier" gezeigt. *W* sind die Wände des Ofens, *K* ist eine Metallplatte, die um ein Scharnier beweglich ist und durch Gewicht *G* geschlossen gehalten wird. Die Platte dient gleichzeitig als negative Stromzuführung. K_1 ist ein Kohlenstab, der den positiven Pol bildet und in die aus Kalk und Kohle bestehende Mischung eintaucht. K_1 wird nun *K* genähert und der Lichtbogen hergestellt, deren Stromstärke durch Heben oder Senken von K_1 konstant erhalten wird. Durch die Hitze des Lichtbogens wird das Gemisch geschmolzen und bildet durch allmähliches Höherziehen von K_1 einen Kalziumkarbidblock *C*. Diese Art der Herstellung nennt man daher auch die „Blockmethode". Beschickt wird der Ofen über Rinne *f*.

In der Kalziumkarbidfabrik zu Froges gewinnt man nach Figur 3b das Kalziumkarbid dadurch, daß man das geschmolzene Material ständig durch einen Ausfluß *A* aus dem geschlossenen Ofen *G* ablaufen läßt. $K+$ ist die positive $K-$ die negative Stromzuführung. Der Schmelzprozeß ist sonst gleich dem vorhergenannten.

Bei der Verwendung von Drehstrom für Schmelzanlagen gibt die Firma „E. A.-G. vorm. Schuckert & Co." die in Figur 3c wiedergegebene Schaltung an, bei welcher die Stromzuführung der drei gleichzeitig arbeitenden Öfen über die Kohlen *K* geschieht, während die Kurzschließung der Phasen über die untereinander leitend verbundenen und an Erde gelegten Kontakte *c* erfolgt. Selbstverständlich ist, daß dafür gesorgt wird, daß kein Lichtbogen

erlischt, da sonst die Phasen ungleich belastet sind. Die Schmelzung geschieht nach der Blockmethode.

Figur 4. *Die Herstellung von Elektrostahl in Gysinge* geschieht nach F. A. Kjellin folgendermaßen*).

Eine gleichmäßigere Erhitzung des Stahls erzielt man dadurch, daß man einen starken Strom durch denselben gehen läßt und die infolge des Metallwiderstandes entwickelte Wärme zur Schmelzung verwendet. Der Widerstand der Metalle, auch in geschmolzenem Zustande, ist indessen relativ klein, man muß also notgedrungen mit sehr großer Stromstärke arbeiten, um genügende Hitze zu erzielen. Infolgedessen muß man, um Spannungsverluste zu vermeiden, den Kupferleitungen, welche den Strom dem Ofen zuführen, eine Durchschnittsfläche geben, welche ebenso groß, wenn nicht größer wie die des Stahlbades ist.

Dr. de Laval versuchte diesen Nachteil durch eine Anordnung des Ofens aufzuheben, bei welcher der Strom eine Schlackenschicht passieren muß, deren Widerstand erheblich größer als der des Eisens ist. Hierdurch entwickelt sich die Wärme hauptsächlich in der Schlacke und teilt sich von dieser aus dem Stahlbade und dem noch ungeschmolzenen Metalle, welches während des Prozesses durch die Schlacke geht, mit.

Der größte Nachteil der genannten Öfen liegt aber in der Elektrodenfrage. Die Kohlenelektroden verursachen durch ihren verhältnismäßig großen Widerstand erheblichen Spannungsverlust und dürften im übrigen beim Kontakt mit geschmolzenem Stahl rasch zerstört werden. Man griff deshalb zu dem Auswege, mit Wasser gekühlte Stahlelektroden zu verwenden, indessen ergeben sich dann aus den magnetischen Eigenschaften des Stahls neue Schwierigkeiten. Um genügend große Stromstärke zu erzielen, muß man Wechselstrom anwenden, dabei konzentriert sich aber durch Einwirkung des Magnetismus der Strom auf der Oberfläche der Elektroden, es entsteht hohe Stromdichte und als Folge davon großer Spannungsverlust, und daneben drückt die Selbstinduktion die Fähigkeit des Generators, mechanische Energie in elektrische überzuführen, nieder.

Um diesen Nachteilen aus dem Wege zu gehen, wurde in Gysinge ein elektrischer Stahlofen ohne Elektroden gebaut, dessen Konstruktion nachstehend mitgeteilt wird.

Eine ringförmige Rinne bildet den Ofenraum, dessen Boden und Seiten aus Mauerwerk bestehen. Nach oben hin ist der Ofen mit dem Deckel *bb* abgeschlossen. Inmitten des Kreises befindet sich ein quadratischer Kern *c*, welcher aus dünnen, weichen Eisenplatten zusammengesetzt und von einer Spule *dd* isolierten Kupferdrahtes umgeben ist. Dieser Kern setzt sich

*) Nach „Glückauf“ Nr. 4, 03.

außerhalb des Ofenraumes in rechteckiger Form fort. Die Drahtspulen *d* stehen mit den Polen eines Wechselstromgenerators in Verbindung.

Beim Durchgang des Wechselstromes durch die Spule wird in dem Eisenkern Magnetismus erzeugt, welcher unaufhörlich Stärke und Richtung wechselt und durch seine Einwirkung auf das im Ofenraum befindliche Metall einen Wechselstrom in dem ringförmigen Metallbade erzeugt. Das Bad bildet nur einen Ring um den Kern, und die Stromstärke in demselben ist deshalb nahezu dieselbe, wie die von dem Generator erzeugte Stromstärke mal der Anzahl der Drahtwindungen auf der Spule *d*.

Die Spannung sinkt natürlich bei steigender Stromstärke. Auf diese Weise kann man einen Generator für hochgespannten Wechselstrom anwenden und gleichwohl — ohne Energie verschwendende Elektroden und starke Kupferleitungen — niedriggespannten Wechselstrom von hoher Stromstärke im Ofen erzielen.

Figur 5. Der *Apparat zur Darstellung von Ozon* besteht nach William Elworthy aus einem zweikammerigen Gefäß *a*, durch dessen Scheidewand *b* Rohre aus dielektrischem Material *c*, die im inneren isoliert eingesetzte metallene an einen Pol der Elektrizitätsquelle angeschlossene Leiter *d* enthalten. Außen sind die Rohre von einer an den anderen Pol angeschlossenen Drahtspirale *e* umgeben. Die Rohre derart durch *b* hindurchgeführt, daß bei geschlossenem Stromkreise die in Raum *f* eingeführte Luft zunächst innerhalb der Rohre teilweise und außerhalb im Raum *g* auf dem Wege zum Ausfluß *h* völlig ozonisiert wird.

Anhang zu Band II.

Tabellen.

I. Gewicht und Widerstand von Kupferdrähten bei 15° C.

Kreisförmiger Querschnitt. Spezifisches Gewicht = 8,9. 1 m käuflicher Kupferdraht von 1 mm² Querschnitt angenommen zu 0,01740 Ohm bei 15° C. oder zu 0,01646 Ohm bei 0° C. Leistungsfähigkeit bei 0° C. 57,1 (Uppenborn).

Durchm. in mm	Querschn. in mm²	Gewicht pro m in g	Meterzahl pro kg	Widerstand pro m in Ohm	Länge pro Ohm in m
0,09	0,00636	0,057	17660	2.735	0,3657
0,10	0,00785	0,070	14304	2,215	0,4514
0,18	0,0254	0.227	4415	0,6836	1,462
0,20	0,0314	0,280	3576	0,5538	1,807
0,30	0,0707	0,629	1589	0,2472	4,063
0,35	0,0855	0,856	1168	0,1809	5,530
0,36	0,0962	0,906	1102	0,1709	5,850
0,37	0,1075	0,957	1045	0,1618	6,181
0,38	0,1134	0,010	990,6	0,1534	6,520
0,39	0.1195	1.063	940.5	0,1457	6,866
0,4	0,126	1,118	894	0,1384	7,223
0,42	0,138	1,233	810,9	0,1256	7,964
0,45	0,159	1,416	706,4	0,1094	9,141
0,5	0,196	1,748	572	0,08860	11,28
0,55	0,238	2,115	472,9	0,07323	13,66
0,6	0,283	2,510	397,2	0,06154	16,25
0,65	0,332	2,954	338,6	0,05243	19,08
0,7	0,385	3,426	292,0	0,04525	22,12
0,8	0,503	4,474	223,5	0,03463	28,90
0,9	0 636	5,663	176,6	0,02735	36,57
1,0	0,785	6,991	143,04	0,02215	45,14
1,1	0,950	8,459	117,94	0,01831	54,62
1,2	1,131	10,07	99,34	0,01539	65,00
1,3	1,327	11,81	84,64	0,01311	76,29
1,4	1,539	13,70	72,98	0,01131	88,48
1,5	1,767	15,73	63,57	0,009845	101,6
1,6	2,011	17,90	55,88	0,008653	115,6
1,7	2.270	20,20	49,50	0,007665	130,5
1,8	2,545	22,65	44,15	0,006836	136,2
1,9	2,835	25,24	39,62	0.006136	163,0
2,0	3.142	27,96	35,76	0,005538	180,5
2,1	3,464	30,83	32,44	0.005025	199,0
2,2	3,801	33,84	29,56	0,004577	218,5
2,3	4,155	36.98	27,04	0.004187	238,8
2,4	4,524	40,27	24,83	0.003845	260,1
2,5	4,909	43,69	22,89	0,003544	282,1
2,6	5,309	47,26	21,16	0,003277	305,2
2,7	5,726	50,96	19,62	0,003039	329,1
2,8	6,158	54,81	18,25	0,002826	353,9
2,9	6,605	58,79	17,01	0.002634	379,7
3,0	7,07	62,92	15,89	0.002462	406,3
3,1	7,55	67,18	14.89	0.002305	433,8
3,2	8,04	71,59	13,97	0,002163	462,3
3,3	8,55	76,13	13,14	0,002034	491,7
3,4	9,08	80,80	12,37	0,001916	521,9
3,5	9,62	85,64	11,68	0.001809	553,0
3,6	10,18	90,60	11,02	0,001709	585,0
3,7	10,75	95,71	10,45	0,001618	618,1
3,8	11,34	101,0	9,906	0,001534	652,0
3,9	11,95	106,3	9,405	0,001457	682,6

Durchm. in mm	Querschn. in mm²	Gewicht pro m in g	Meterzahl pro kg	Widerstand pro m in Ohm	Länge pro Ohm in m
4,0	12,57	111,8	8,940	0,001385	722,3
4,1	13,20	117,5	8,509	0,001318	758,9
4,2	13,85	123,3	8,109	0,001256	796,4
4,3	14,52	129,3	7,736	0,001198	834,7
4,4	15,21	135,3	7,388	0,001145	874,0
4,5	15,90	141,6	7,064	0,001094	914,1
4,6	16,62	147,9	6,760	0,001047	955,2
4,7	17,35	154,4	6,475	0,001003	997,2
4,8	18,10	161,1	6,209	0,0009614	1040
4,9	18,86	167,9	5,958	0,0009226	1084
5,0	19,64	174,8	5,722	0,0008860	1128
5,5	23,76	211,5	4,729	0,0007323	1366
6,0	28,27	251,6	3,972	0,0006154	1625
6,5	33,18	295,4	3,386	0,0005243	1908
7,0	38,49	342,6	2,920	0,0004525	2212
7,5	44,18	393,2	2,543	0,0003939	2539
8,0	50,27	447,4	2,235	0,0003463	2890
8,5	56,75	505,1	1,980	0,0003066	3262
9,0	63,62	566,3	1,766	0,0002735	3657
9,5	70,88	630,9	1,585	0,0002455	4064
10,0	78,54	699,1	1,430	0,0002215	4514
11,0	95,03	845,7	1,210	0,0001831	5462
12,0	113,1	1007	0,9933	0,0001538	6501
13,0	132,7	1181	0,8486	0,0001311	7628
14,0	153,9	1370	0,7302	0,0001131	8845
15,0	176,7	1572	0,6359	0,00009847	10160
16,0	201,1	1789	0,5588	0,00008652	11550
17,0	227,0	2020	0,4950	0,00007665	13050
18,0	254,5	2266	0,4415	0,00006836	14630
19,0	283,5	2523	0,3963	0,00006137	16290
20,0	314,2	2797	0,3576	0,00005538	18060

2. Reduktion des Kupferwiderstandes auf 15° C.

Der bei der Temperatur t gemessene Kupferwiderstand ist mit dem Koeffizienten c zu multiplizieren, um denselben auf 15° C. zu reduzieren. Wenn w_t der Widerstand des Kupfers bei t^0, w_{15} derjenige bei 15° C., so ist $w_{15} = w_t\ [1 - 0{,}003718\ (t - 15) + 0{,}00000882\ (t - 15)]$.

t	c	log c	t	c	log c	t	c	log c
25,0	0,9637	9,98394	16,5	0,9944	9,99758	8,0	1,0265	0,01134
24,5	0,9655	9,98474	16,0	0,9963	9,99839	7,5	1,0284	0,01215
24,0	0,9673	9,98554	15,5	0,9981	9,99919	7,0	1,0303	0,01297
23,5	0,9690	9,98634	15,0	1,0000	0.00000	6,5	1,0322	0,01378
23,0	0,9708	9,98714	14,5	1,0019	0,00081	6,0	1,0342	0,01459
22,5	0,9726	9,98794	14,0	1,0037	0,00162	5,5	1,0361	0,01541
22,0	0,9744	9,98874	13,5	1,0056	0,00242	5,0	1,0381	0,01522
21,5	0,9762	9,98954	13,0	1,0075	0,00323	4,5	1,0400	0,01704
21,0	0,9780	9,99034	12,5	1,0094	0,00404	4,0	1,0420	0,01785
20,5	0,9798	9,99115	12,0	1,0012	0,00485	3,5	1,0439	0,01867
20,0	0,9816	9,99195	11,5	1,0131	0,00566	3,0	1,0459	0,01948
19,5	0,9834	9,99275	11,0	1,0150	0,00647	2,5	1,0479	0,02030
19,0	0,9853	9,99355	10,5	1,0169	0,00728	2,0	1,0498	0,02112
18,5	0,9871	9,99436	10,0	1,0188	0,00809	1,5	1,0518	0,02193
18,0	0,9889	9,99516	9,5	1,0207	0,00890	1,0	1,0538	0,02275
17,5	0,9908	9,99597	9,0	1,0226	0,00972	0,5	1,0558	0,02357
17,0	0,9926	9,99677	8,5	1,0245	0,01053	0,0	1,0578	0,02438

3. Tabelle über den Einfluß der Temperatur auf den Widerstand und die Leitfähigkeit von Kupferdrähten.

Temperatur in °C.	Widerstand	Leitungsfähigkeit	Temperatur in °C.	Widerstand	Leitungsfähigkeit
0	1,00000	1,00000	16	1,06168	0,94190
1	1,00381	0,99624	17	1,06563	0,93841
2	1,00756	0,99250	18	1,06959	0,93494
3	1,01135	0,98878	19	1,07356	0,93148
4	1,01515	0,98508	20	1,07742	0,92814
5	1,01896	0,98139	21	1,08164	0,92452
6	1,02280	0,97771	22	1,08553	0,92121
7	1,02663	0,97406	23	1,08954	0,91782
8	1,03048	0,97042	24	1,09356	0,91445
9	1,03435	0,96679	25	1,09763	0,91110
10	1,03822	0,96319	26	1,10161	0,90776
11	1,04199	0,95970	27	1,10567	0,90443
12	1,04599	0,95603	28	1,10972	0,90113
13	1,04990	0,95247	29	1,11382	0,89784
14	1,05406	0,94893	30	1,11782	0.89457
15	1,05774	0,94541			

4. Tabelle über die in der Praxis verwendeten Kupferdrähte.

Querschnitt in qmm	Anzahl der Drähte	Durchmesser der einzelnen Drähte	Nettogewicht p. 1000 m ca. kg.	Leitungswiderstand bei 0° C. p. 1000 m Ohm
0,75	1	0,977	4,5	22,660
1	1	1,128	9	17
1,5	1	1,382	13,5	11,333
2	1	1,596	18	8,500
2,5	1	1,783	22,5	6,800
3	1	1,955	27	5,666
4	1	2,258	36	4,250
5	1	2,522	45	3,400
6	1	2,762	54	2,833
7	1	2,986	63	2,428
10	1	3,565	90	1.700
12,5	1	3,990	113	1,360
16	1	4.520	144	1,062
20	1	5,048	180	0,850
25	7	5,640	225	0,680
35	7	2,522	315	0,486
50	19	1,831	450	0,340
70	19	2,163	630	0,243
95	19	2,522	855	0,178
115	19	2,780	1035	0,148
120	37	2,840	1048	0,142
125	37	2,900	1125	0.136
140	37	3,070	1260	0.121
150	37	3,180	1350	0,113

5. Tabelle der Widerstände von Nickelin, Rheotan, Extra-Prima.

Nach Angabe der Dr. Geitners Argentan-Fabrik (F. A. Lange).

Durchmesser	Querschnitt	Abgerundeter Widerstand pro 1 m Draht		
mm	qmm	Nickelin	Rheotan	Extra-Prima
0,10	0.008	51	60	38
0,15	0,018	22	26	17
0,20	0,031	13	15	10
0,25	0.041	8	9,5	6
0,30	0.071	5,6	6,7	4.2
0,35	0,096	4,1	4,9	3,1
0,40	0,126	3,2	3,7	2,4
0,45	0,159	2,5	2,9	1,9
0,50	0.196	2,0	2,4	1,5
0,55	0.238	1,68	1,99	1,26
0,60	0.283	1,41	1,67	1,06
0,65	0.332	1,20	1,42	0,90
0,70	0.385	1,04	1.23	0,78
0,75	0.442	0,90	1,07	0,68
0,80	0.503	0,79	0,94	0,59
0,85	0,568	0,70	0,83	0.53
0,90	0.636	0,63	0.74	0,47
0,95	0.709	0,56	0,66	0,42
1,00	0.785	0,51	0,60	0,38

Durchmesser	Querschnitt	Abgerundeter Widerstand pro 1 m Draht		
mm	qmm	Nickelin	Rheotan	Extra-Prima
1,1	0,950	0,42	0,50	0,32
1,2	1,131	0,35	0,42	0,26
1,3	1,328	0,30	0,35	0,23
1,4	1,539	0,26	0,31	0,20
1,5	1,767	0,23	0,27	0,17
1,6	2.009	0,199	0,235	0,149
1,7	2,270	0,176	0,208	0,132
1,8	2.545	0,157	0.186	0,118
1.9	3,835	0,141	0,167	0,106
2,0	3,141	0,127	0,150	0,095
2,1	3,464	0,115	0,137	0,086
2,2	3,801	0,105	0,124	0,079
2,3	4,155	0,096	0,114	0,072
2,4	4,524	0,088	0.105	0,066
2,5	4,909	0,081	0,096	0,061
2,6	5.309	0,075	0,089	0,056
2,7	5,725	0,070	0,082	0,053
2,8	6,158	0,065	0,077	0,049
2,9	6,605	0,061	0,072	0,046
3,0	7,069	0,057	0,067	0,043

Nickelinstreifen 0,3 mm stark			
Breite mm	Quer-schnitt qmm	Widerstand pro 1 m Länge	Maximal-belastung Ampère
10	3,0	0,133	40
15	4,5	0,0889	60
20	6,0	0,0667	80
25	7,5	0,0553	95
30	9,0	0,0444	110
35	10,5	0,0381	130
40	12,0	0,0333	145
45	13,5	0,0296	160
50	15,0	0,0267	175

Nickelindraht	
Durch-messer mm	Maximal-belastung Ampère
0,2	1,5
0,4	3,0
0,6	5,0
0,8	7,0
1,0	10
1,25	15
1,50	23
1,75	30
2,0	38

Vorstehende Maximalbelastungen sind so bemessen, daß die Streifen bei normalen Abkühlungsverhältnissen nicht bis zum Glühen kommen. Ein Durchschmelzen erfolgt erst bei der 2—3 fachen Stromstärke. Die Verbindung mehrerer Streifen geschieht durch Hartlöten oder durch Verschraubung.

	Nickelin	Rheotan	Extra-Prima	
Widerstand pro 1 m Länge und 1 qmm Querschnitt:	0,40	0,473	0,300	
Temperatur-Koeffizient pro 1° C.:	+ 0,022%	+ 0,023%	— 0,035 %	Anfangswert.

6. Tabelle über Gewicht, Widerstand und Bruchfestigkeit von weichen Eisendrähten.

Kreisförmiger Querschnitt bei 15° C. Spez. Gew. 7,7. Spez. Widerstand 0,013 Ω.

Durchmesser mm	Querschnitt qmm	Gewicht p.m in gr	Meterzahl p. kg	Widerstand p. m in Ohm	Länge p. Ohm in m	Bruchfestigkeit kg
0,5	0,196	1,51	662,	0,664	1,51	—
1,0	0,785	6,05	165,	0,166	6,02	30
1,5	1,767	13,6	73,5	0,074	13,5	70
2,0	3,142	24,2	41,3	0,041	24,4	125
2,5	4,909	37,7	26,5	0,0265	37,7	195
3,0	7,07	54,4	18,4	0,0184	54,3	280
3,5	9,62	74,1	13,5	0,0135	74,1	480
4,0	12,57	96,8	10,3	0,0104	96,2	629
4,5	16,62	122	8,20	0,0077	123	795
5,0	19,64	151	6,62	0,0066	152	982
5,5	23,76	183	5,46	0,0055	182	1188
6,0	28,27	217,5	4,60	0,00346	217	1414

6a.

Querschnitt in qmm	Durchmesser in mm	Gew. p. 1000 m in kg	Widerstand p. 1000 m bei 0° C. in Ohm
0,5	0,8	4	250
1,0	1,2	8	123
1,5	1,4	12	93
2,0	1,8	20	55
4	2,3	32	35
6	2,8	48	23
10	3,6	80	14
16	4,5	120	8,5

7. Spezifischer Widerstand usw. einiger Metalle und Legierungen.

Spez. Widerst. w = Widerst. von 1 m Länge bei 1 qmm Querschnitt in Ohm. Ges. Widerst. $W = w \cdot \frac{l}{q}$ (wobei l = Gesamtlänge, q = Querschnitt bedeutet) in Ohm.

	Leitungsvermögen bezogen auf Quecksilber von 0° C.		Spezifischer Widerstand in Ohm		Temperatur-Koeffizient
	bei 0° C.	bei + 15° C.	bei 0° C.	bei + 15° C.	
Aluminiumdraht	32,50	32,35	0,0282	0,02958	+ 0,0039
Antimon . . .	—	2,1	0,36	0,45—0,5	+ 0,004
Blei, gepreßt . .	4,80	4,6	0,1959	0,208	+ 0,0039
Eisen, rein . .	9,67	8,5	0,09725	0,105	+ 0,0048
Eisendraht, gegl.	9,75	9,0	0,0916	0,098	+ 0,0048
Gold, rein . .	45,8	—	0,0206	0,0216	+ 0,0037
„ hart . .	45,0	41,0	0,0209	0,0225	+ 0,0037
Konstantan . .	—	1,9	—	0,5	—
Kupfer, rein . .	61,8	—	0,01533	0,0164	+ 0,0045
„ käuflich	57,0	55,0	0,0166	0,0174	+ 0,00387
Manganin . . .	—	2,2	—	0,43	—
Messingdraht .	15,4	13,0	0,069	0,07—0,08	+ 0,0016
Neusilber . . .	3,14	2,8	0,276—0,3	0,3—0,4	+ 0,00034
Nickel	7,58	—	0,124	0,13 - 0,15	+ 0,0036
Nickelin . . .	1,8—2,2	1,6 - 2,0	0,43 - 0,51	0,4—0,55	+ 0,0002
Patentnickel . .	2,75	2,6	0,342	0,342	+ 0,00019
Platin, gegl. . .	14,4	—	0,0903	0,094	+ 0,0024
Platinsilber . .	33% P 3,83	20% P 4,8	33% P 0,246	20% P 0,20	+ 0,0003
Quecksilber . .	1,0	0,984	0,94073	0,94	+ 0,0009
Silber, gegl. . .	62,6	59,0	0,015	0,0159	+ 0,0038
„ hart . .	57,8	—	0,016	0,0172	+ 0,0038
Stahldraht . .	—	2—6	—	0,184	+ 0,005
Wismut . . .	0,72	0,7	0,312	1,2	+ 0,0035
Zink	16,7	15,0	0,563	0,06	+ 0,0037
Zinn	7,14	—	0,132	0,14	+ 0,0037

8. Spezifische Widerstände von Isoliermaterial nach mehrere Minuten langer Elektrisierung.

Material	Widerstand in Megohm p. cm^3	Temperatur in °C.	Material	Widerstand in Megohm p. cm^3	Temperatur in °C.
Vulkanfiber	330	20	Kautschuk vulk.	$450 \cdot 10^{12}$	15
Stabilit	10000	15	Gummilack	$9000 \cdot 10^{12}$	28
Imprägnierte Pappe,			Fowlersche Masse	$7300 \cdot 10^{12}$	15
Gebr. Adt . . BP	12000	20	Elonit	$28000 \cdot 10^{12}$	46
do. LP	$3 \cdot 10^{12}$	20	Paraffin	$34000 \cdot 10^{12}$	46
Glimmer	$84 \cdot 10^{12}$	20	Flintglas	$20000 \cdot 10^{12}$	15
Guttapercha	$450 \cdot 10^{12}$	24	Atm. Luft	∞	—

9. Spezifische Widerstände flüssiger Isolatoren (Edison) bei 18° C.

(Nach der chemischen Zusammensetzung variabel.)

Holzteer	1 670 000 000	Megohmcentim.
Stearinsäure	350 000 000	„
Paraffinwachs	110 000 000	„
Schw. Paraffinöl	8 000 000	Megohmcentim.
Olivenöl	1 000 000	„
Benzol	1 320	„

10. Tabelle über Grad Beaumé / spez. Gewicht und Mischungsverhältnis von Schwefelsäure.

Beaumé	Spez. Gewicht	1 Liter enthält: Lit. Säure von 1,842 spez. Gewicht	1 Liter enthält: Lit. Wasser	Liter Wasser: Lit. Säure v. 1,842 spez. Gew.
5	1,037	0,0326	0,977	29,97
6	1,045	0,0386	0,972	24,66
10	1,075	0,0630	0,959	15,22
11	1,083	0,0701	0,954	13,61
12	1,091	0,0772	0,949	12,29
13	1,100	0,0842	0,945	11,22
14	1,108	0,0918	0,939	10,22
15	1,116	0,1984	0,934	9,40
16	1,125	0,106	0,930	8,77
17	1,134	0,114	0,924	8,11
18	1,142	0,122	0,918	7,55
19	1,152	0,130	0,913	6,97
20	1,162	0,140	0,904	6,44
21	1,171	0,148	0,898	6,05
22	1,180	0,157	0,891	5,68
23	1,190	0,167	0,883	5,30
24	1,200	0,177	0,875	4,95
25	1,210	0,187	0,866	4,63
26	1,220	0,496	0,859	4,38
27	1,231	0,207	0,849	4,09
28	1,241	0,216	0,841	3,88
29	1,252	0,227	0,834	3,67
30	1,263	0,238	0,825	3,47
35	1,320	0,299	0,771	2,58
40	1,383	0,331	0,715	2,14
45	1,453	0,438	0,648	1,71
50	1,530	0,519	0,574	1,106
55	1,615	0,614	0,484	0,789
60	1,711	0,724	0,375	0,519
66	1,842	1,000	0	0

II. Tabelle zum Bestimmen des Spannungsabfalles bezw. Querschnittes

wenn eine Größe hiervon gegeben (A) bei $B = i \cdot 2l$ im *km.* (Ampèrekilometer).

A.	B.								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	17,00	34,00	51,00	68,00	85,00	102,00	112,00	136,00	153,00
2	8,500	17,00	25,50	34,00	42,50	51,00	59,50	68,00	76,50
3	5,667	11,33	17,00	22,67	28,33	34,00	39,67	45,33	51,00
4	4,250	8,500	12,75	17,00	21,25	25,50	29,75	34,00	38,25
5	3,400	6,800	10,20	13,60	17,00	20,40	23,80	27,20	30,60
6	2,833	5,667	8,500	11,33	14,17	17,00	19,83	22,60	25,50
7	2,429	4,857	7,286	9,714	12,14	14,57	17,00	19,43	21,86
8	2,125	4,250	6,375	8,500	10,63	12,75	14,87	17,00	19,12
9	1,889	3,778	5,667	7,556	9,444	11,33	13,22	15,11	17,00
10	1,700	3,400	5,100	6,800	8,500	10,20	11,90	13,60	15,30
1	1,545	3,091	4,636	6,182	7,727	9,273	10,82	12,36	13,91
2	1,417	2,833	4,250	5,667	7,083	8,500	9,917	11,33	12,75
3	1,308	2,615	3,923	5,231	6,539	7,846	9,154	10,46	11,77
4	1,214	2,429	3,643	4,857	6,071	7,286	8,500	9,714	10,93
15	1,133	2,267	3,400	4,533	5,667	6,800	7,933	9,067	10,20
6	1,063	2,125	3,188	4,250	5,312	6,375	7,438	8,500	9,563
7	1,000	2,000	3,000	4,000	5,000	6,000	7,000	8,000	9,000
8	0,9444	1,889	2,833	3,778	4,722	5,667	6,611	7,556	8,500
9	0,8947	1,789	2,684	3,579	4,474	5,368	6,263	7,158	8,053
20	0,8500	1,700	2,550	3,400	4,250	5,100	5,950	6,800	7,650
1	0,8095	1,619	2,429	3,238	4,047	4,857	5,667	6,476	7,286
2	0,7722	1,545	2,318	3,091	3,864	4,636	5,409	6,182	6,956
3	0,7391	1,478	2,217	2,956	3,696	4,435	5,174	5,913	6,672
4	0,7083	1,417	2,125	2,833	3,542	4,250	4,958	5,667	6,375
25	0,6800	1,360	2,040	2,720	3,400	4,080	4,760	5,440	6,120
6	0,6538	1,308	1,961	2,615	3,269	3,923	4,576	5,231	5,884
7	0,6296	1,259	1,889	2,518	3,148	3,778	4,407	5,037	5,667
8	0,6071	1,214	1,821	2,428	3,035	3,643	4,250	4,857	5,464
9	0,5862	1,172	1,759	2,345	2,931	3,517	4,103	4,690	5,275
30	0,5667	1,133	1,700	2,267	2,833	3,400	3,967	4,533	5,100
1	0,5484	1,097	1,645	2,194	2,742	3,290	3,839	4,387	4,935
2	0,5313	1,063	1,594	2,126	2,656	3,188	3,419	4,250	4,781
3	0,5151	1,030	1,545	2,060	2,575	3,091	3,606	4,121	4,636
4	0,5000	1,000	1,500	2,000	2,500	3,000	3,500	4,000	4,500
35	0,4857	0,9714	1,457	1,934	2,429	2,914	3,400	3,886	4,371
6	0,4722	0,9444	1,417	1,889	2,361	2,833	3,305	3,778	4,250
7	0,4595	0,9190	1,378	1,838	2,297	2,757	3,217	3,667	4,135
8	0,4474	0,8947	1,342	1,789	2,237	2,684	3,132	3,579	4,027
9	0,4359	0,8718	1,308	1,744	2,179	2,616	3,052	3,487	3,923
40	0,4250	0,8800	1,275	1,700	2,125	2,550	2,975	3,400	3,825
1	0,4146	0,8292	1,244	1,658	2,073	2,488	2,902	3,317	3,731
2	0,4048	0,8095	1,214	1,619	2,024	2,229	2,833	3,239	3,634
3	0,3952	0,7906	1,186	1,581	1,976	2,372	2,767	3,162	3,557
4	0,3863	0,7727	1,159	1,545	1,931	2,318	2,704	3,091	3,477
45	0,3778	0,7556	1,133	1,511	1,889	2,267	2,645	3,022	3,400
6	0,3696	0,7391	1,109	1,478	1,848	2,218	2,587	2,957	3,326
7	0,3617	0,7234	1,085	1,447	1,808	2,170	2,532	2,894	3,255
8	0,3542	0,7083	1,063	1,417	1,771	2,125	2,479	2,834	3,188
9	0,3469	0,6938	1,041	1,388	1,734	2,081	2,429	2,775	3,122

A.	B.								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
50	0,3400	0,6800	1,020	1,360	1,700	2,040	2,380	2,720	3,060
1	0,3323	0,6667	1,000	1,333	1,667	2,000	2,333	2,667	3,000
2	0,3269	0,6538	0,9807	1,308	1,635	1,961	2,289	2,615	2,942
3	0,3208	0,6415	0,9623	1,283	1,604	1,925	2,245	2,566	2,887
4	0,3148	0,6296	0,9444	1,259	1,574	1,889	2,204	2,518	2,833
55	0,3091	0,6182	0,9273	1,236	1,545	1,855	2,164	2,473	2,782
6	0,3036	0,6071	0,9105	1,214	1,518	1,821	2,125	2,429	2,732
7	0,2982	0,5965	0,8947	1,193	1,491	1,789	2,088	2,386	2,684
8	0,2931	0,5862	0,8795	1,172	1,366	1,759	2,052	2,345	2,638
9	0,2881	0,5763	0,8644	1,153	1,441	1,729	2,017	2,305	2,593
60	0,2833	0,5667	0,8500	1,133	1,417	1,700	1,983	2,267	2,550
1	0,2787	0,5574	0,8361	1,115	1,393	1,672	1,951	2,229	2,508
2	0,2742	0,5484	0,8225	1,097	1,371	1,645	1,919	2,194	2,468
3	0,2698	0,5397	0,8095	1,079	1,349	1,619	1,889	2,159	2,429
4	0,2656	0,5313	0,7970	1,063	1,328	1,594	1,859	2,125	2,391
65	0,2615	0,5231	0,7846	1,046	1,308	1,569	1,831	2,082	2,354
6	0,2576	0,5151	0,7727	1,030	1,288	1,545	1,803	2,061	2,318
7	0,2537	0,5075	0,7612	1,015	1,269	1,522	1,776	2,030	2,284
8	0,2500	0,5000	0,7500	1,000	1,250	1,500	1,750	2,000	2,250
9	0,2464	0,4928	0,7391	0,9855	1,232	1,478	1,752	1,971	2,217
70	0,2429	0,4857	0,7286	0,9714	1,214	1,457	1,700	1,943	2,168
1	0,2394	0,4789	0,7183	0,9577	1,197	1,437	1,676	1,916	2,188
2	0,2361	0,4722	0,7083	0,9444	1,181	1,417	1,653	1,889	2,125
3	0,2329	0,4658	0,6988	0,9315	1,164	1,397	1,630	1,863	2,096
4	0,2297	0,4595	0,6895	0,9190	1,149	1,378	1,608	1,838	2,068
75	0,2267	0,4533	0,6800	0,9067	1,133	1,360	1,587	1,813	2,040
6	0,2237	0,4474	0,6711	0,8947	1,118	1,342	1,566	1,789	2,013
7	0,2208	0,4416	0,6623	0,8831	1,104	1,325	1,545	1,766	1,987
8	0,2179	0,4359	0,6538	0,8718	1,090	1,308	1,526	1,744	1,962
9	0,2152	0,4304	0,6456	0,8608	1,076	1,291	1,506	1,722	1,937
80	0,2125	0,4250	0,6375	0,8500	1,063	1,275	1,487	1,700	1,912
1	0,2099	0,4198	0,6296	0,8395	1,049	1,259	1,469	1,679	1,889
2	0,2073	0,4146	0,6220	0,8293	1,037	1,244	1,451	1,659	1,866
3	0,2048	0,4096	0,6145	0,8193	1,024	1,229	1,434	1,639	1,843
4	0,2024	0,4048	0,6071	0,8095	1,012	1,214	1,417	1,619	1,821
85	0,2000	0,4000	0,6000	0,8000	1,000	1,200	1,400	1,600	1,800
6	0,1977	0,3953	0,5930	0,7907	0,9884	1,186	1,384	1,581	1,779
7	0,1954	0,3908	0,5862	0,7816	0,9771	1,172	1,368	1,563	1,759
8	0,1932	0,3864	0,5796	0,7724	0,9659	1,159	1,352	1,545	1,739
9	0,1910	0,3820	0,5730	0,7641	0,9559	1,146	1,337	1,528	1,719
90	0,1889	0,3778	0,5667	0,7556	0,9444	1,133	1,322	1,511	1,700
1	0,1868	0,3736	0,5604	0,7473	0,9341	1,121	1,308	1,495	1,681
2	0,1848	0,3696	0,5543	0,7391	0,9239	1,109	1,294	1,478	1,663
3	0,1828	0,3656	0,5484	0,7315	0,9140	1,099	1,280	1,462	1,645
4	0,1808	0,3617	0,5425	0,7234	0,9034	1,085	1,266	1,447	1,628
95	0,1789	0,3579	0,5368	0,7158	0,8947	1,074	1,253	1,432	1,611
6	0,1771	0,3542	0,5313	0,7083	0,8854	1,063	1,240	1,417	1,594
7	0,1753	0,3505	0,5258	0,7010	0,8763	1,052	1,227	1,402	1,577
8	0,1735	0,3469	0,5204	0,6939	0,8673	1,041	1,214	1,388	1,561
9	0,1717	0,3434	0,5151	0,6869	0,8586	1,030	1,202	1,374	1,545
100	0,1700	0,3400	0,5100	0,6800	0,8500	1,020	1,190	1,360	1,530

12. Tabelle über Glühlichtbedarf p. qm.

Für Theater-, Konzert- und Festsäle	9	bis	14	*NK.*
„ Hör-, Schul-, Versammlungssäle	5	„	9	„
„ Salons, Geschäftsräume und Läden	4	„	7	„
„ Fabriksäle, Webereien, Spinnereien, Druckereien	3	„	5	„
„ Wohn- und Hotelzimmer	2	„	3,5	„
„ Fabrikhallen, Gießereien, Maschinenfabriken	2	„	3	„
„ Neben- und Schlafräume, Gänge, Treppen, Lagerräume, Markthallen	1,5	„	2,5	„
„ Krankenräume und Kasernen	1	„	2	„
„ Höfe von Fabriken, Brauereien usw.	0,5	„	1	„

13. Tabelle über die Beleuchtungsfläche in qm einer Bogenlampe bei einer Höhe von 6—14 m über Erdboden.

	4	6	8	9	10	12 Amp.
Hüttenwerke und Höfe ausreichend für	500	900	1400	1600	2000	2400
Bahnhofshallen ausreichend für	—	500	700	900	1100	1500
Eisengießereien allgemein ausreichend für	80	150	230	270	320	450
Eisengießereien an Arbeitsstellen ausreichend für	50	100	150	200	—	—
Maschinenfabriken ausreichend für	70	125	200	230	—	—
Webereien und Spinnereien	40	80	120	—	—	—
Lichtpunkthöhe in m	3—6	4—8	4—9	4—10	6—12	7—14

14. Tabelle über Verhältnis installierter zu gleichzeitig brennender Lampenzahl.

Städt. Zentralen, Wohnungen	40—60%	Krankenhäuser, Pensionen	30 %
Fabriken, Werkstätten	70—80 „	Öffentl. Gebäude	10 „
Hotels	30—40 „	Bureaus, Banken	80 „
Restaurants	80—90 „	Theater- und Vergnügungslokale	60—70 „
Ladengeschäfte	80 „		

15. Tabelle über die jährliche Brenndauer für jede installierte Lampe.

Wohnungen	200—300	Stunden
Hotels, Restaurants	500—900	„
Läden	400—600	„
Theater und Vergnügungslokale	200—400	„
Bureaus, Banken	300—500	„
Fabrik- und Lagerräume	200—450	„
Werkstätten	500—600	„
Krankenhäuser und dergl.	250—450	„
Öffentl. Gebäude	200—300	„
Schulen	100—150	„
Bahnhofsgebäude, Post- und Telegraphenämter mit Nachtdienst	1200—1500	„
Straßenbeleuchtung (bis 12 Uhr)	1500—1900	„
Straßenbeleuchtung ganze Nacht, Bahnhöfe desgl.	3200—4000	„

16. Tabelle über Lichtbogenspannung, Stromstärke und Kohlenstärke (Marke A) bei Bogenlampen (Körting u. Mathiesen).

1. Gleichstrom-Nebenschlußlampe.

Stromstärke in Ampère	1½—2	2—2½	3—3½	4—5	6—7	8—9	10—11	12—15	16—19	20—24	25—29	30—35
Durchm. der positiven Dochtkohle in mm	7	8	11	12	14	16	18	20	20	22	25	28
Durchm. der negativen Homogenkohle in mm	4	5	7	8	9	10	12	13	13	15	18	22
Lichtbogen-Spannung in Volt	36	37	38	39	40	41	42	43	43	43	43	43
Brenndauer in Stunden	3½—5	5—7	6—10	6—12	7—14	8—14	11—17	12—19	12 16	13—16	15—19	15—19

2. Dauerbrand-Bogenlampe für Gleichstrom (und Miniaturlampe).

Stromstärke in Ampère	4	5	6	7	1,5	2	2,5
Obere Homogenkohle	11	11	13	15	4,5	5	5
Untere Homogenkohle	11	11	13	15	4,5	5	5
Lichtbogenlänge in mm	7	8	8	9	—	—	—
Lichtbogen-Spannung in Volt	77	78	79	80	80	80	80
Brenndauer in Stunden	100—160	100—140	100—170	100—150	10—20	10—20	10–20
Erforderliche Netzspannung in Volt	100	100	100	100	100	100	100

3. Gleichstrom-Differentiallampe.

Stromstärke in Ampère	3	4	5	6	8	10	12	15	20	25	30	35
Durchm. d. positiven Dochtkohle in mm	10	12	12	14	16	18	20	20	22	25	28	28
Durchm. der negativen Homogenkohle in mm	7	8	8	9	11	13	15	15	15	18	22	22
Lichtbogen-Spannung in Volt	37	38	39	40	41	42	43	44	44	44	44	44
Brenndauer in Std.	7—14	8–14	9—12	9—15	10—17	10—17	12–19	11—18	13—16	15—19	15—19	13—17

4. Drei- und Sechsschaltungslampe.

Normale Stromstärke in Ampère	3	4	5	6	8	10	12
Durchm. der positiven Dochtkohlein mm	9	10	10	11	12	16	18
Durchm. der negativen Homogenkohle in mm	6	7	7	8	9	10	12
Kleinste Lampen-Spannung in Volt	33	34	35	36	37	38	40
Normale Lampen-Spannung in Volt	34	35	36	37	38	39	41
Größte Lampen-Spannung in Volt	35	36	37	38	39	40	42
Brenndauer in Stunden	7–12	8—13	8—13	8—13	9—15	9—15	9—15

5. Wechselstrom-Differentiallampe.

Stromstärke in Ampère	6	8	10	12	15	18	20	25	30
Durchm. der oberen Dochtkohle	8	10	12	13	14	16	18	20	22
„ „ unteren „	9	11	13	14	15	18	18	20	22
Lichtbogen-Spannung in Volt	29	29	29	30	31	31	30	30	31
Brenndauer in Stunden	7—9	9—15	11–18	11—18	11—18	12—22	15—18	15—19	16–20

6. Scheinwerfer.

Stromstärke in Ampère	10—14	15—19	20—24	25	30	35	40
Durchm. der positiven Dochtkohle in mm	18	20	20	22	25	28	28
Durchm. der negativen Homogenkohle in mm	12	13	13	15	18	22	22
Lampen-Spannung in Volt	43	44	45	46	47	48	48
Brenndauer in Stunden	3—4	3—4	3–4	3—4	5	5½	5

7. Flammenbogenlampen mit schräg nach unten gerichteten Kohlen für Gleichstrom.

Stromstärke in Ampère	6	8	10	12
Durchm. der positiven Kohle in mm	7	8	9	10
„ „ negativen „ „ „	6	7	8	9
Lampen-Spannung in Volt	46	47	48	49
Brenndauer in Stunden	5½—16	6—17	6½–18	7—19

8. Flammenbogenlampen mit schräg nach unten gerichteten Kohlen für Wechselstrom.

Stromstärke in Ampère	8	10	12	15
Durchm. jeder Kohle in mm	7	8	9	10
Lampen-Spannung in Volt	46	47	48	49
Brenndauer in Stunden	5½–16	6–17	6½—18	12—19

17. Tabellen über

Raum	Isolierung des Drahtes	Verlegung	Anstrich des Drahtes	Fassung der Glühlampe
trocken	Gummiband-leitung	Porzellan oder Glas, Klemmen, Rollen, Gummi- oder Papierrohr	—	mit und ohne Hahn bis 250 Volt
im Freien	blank	Glocken	z. Schutz von Telephondrähten mit 2mal Isolier-bandumwicklung	ohne Hahn, wasserdicht
heiß u. trocken	Gummiband mit Asbestbeklöpplung	Rollen und Klemmen	—	mit und ohne Hahn
feucht	Gummiader-leitung	auf Mantelrollen oder in verbleiten Isolierröhren	—	ohne Hahn
ammoniak-haltige Gase	Eisendraht verzinkt oder Hackelthaldraht	auf Glocken und Mantelrollen	mit schwarzem Heisinglack	"
salpetersäure-haltig	Gummiader-iso-lierter Draht in ge-teertem Gummirohr	auf Schellen aus Hartgummi oder Stabilit	—	"
schwefelsäure-haltig	blank verbleit	auf Glocken	unverbleit mit Heisinglack	"
gashaltig bezw. explosibel	Gummiader-leitung	Stahlpanzerrohr	—	"
Petroleumlager	gummibd. isoliert	Isolierrohr	mit Heisinglack	"
cyankalihaltig	" "	Kollen u. Rohre	—	"
ätzlaugenhaltig	vulkanisierter Gummi	Rollen und Gummirohr	—	"
chlorhaltig	Blei(draht)kabel	Holzklemmen Mantelrollen	mit Heisinglack —	Bleikitt-dichtung in Por-zellanfassung
f. Potasche-herstellung	vulkanisierter Gummi	Rollen	—	o. H.
f. Schwefeleisen	Bleidraht, Kabel	Glocken, Holz-klemmen Mantelrollen	mit Heisinglack	"
f. Brom-herstellung	"	Glocken, Holz-klemmen	"	"
f. Jodkali-herstellung	gummibandisolierter Draht	Rollen	—	"
f. Jodoform-herstellung	"	"	—	"
f. Bromkali-herstellung	vulkanisierter Gummiader Draht	"	mit Heisinglack	"
f. Chloralhydrat-herstellung	vulkanisierter Gummiader Draht	"	"	"
f. Permanganat-herstellung	vulkanisierter Gummiader Draht	"	—	"
f. Borsäure-herstellung	vulkanisierter Gummiader Draht	"	—	"

*) Im übrigen wird auf die Sicherheitsvorschriften Bd. I, Anhang, hingewiesen.

Leitungsverlegung *).

Ausschalter	Sicherungen	Beleuchtungs-körper	Bemerkungen
normal	normal	normal	—
auf Glocken oder in wasserdichtem Gehäuse	für Freileitungen	Bogenlampe mit Regen-dach-Glühlampe mit wasserdichter Armatur in wasserdichter Porzellan-Armatur	Draht nicht unter 6 qmm bis 250 Volt. Draht nicht unter 10 qmm bei höherer Spannung
normal	möglichst außer-halb des Raumes	normal	
auf Glocken oder in wasserdichtem Gehäuse, zweipolig	auf Glocken oder außerhalb	mit wasserd. Porzellan-Armatur	ev. verzinkten Eisendraht auf Glocken in Brauerei-kellern, Ställen usw.
außerhalb oder Kurbelschalter	auf Glocken oder außerhalb	mit wasserd. Porzellan-Armatur	Pferdeställe! zum Binden Pechschnur!
außen; in Porzellan oder Glas	außerhalb	Porzellan und Glas wasserdicht	
Glas oder Porzellan	„	Porzellan und Glas wasserdicht	In Akkumulatorenräumen auf Rollen
außerhalb oder luft-dichtverschlossen	„	mit luftd. Armatur	Leitungen ev. außen und Beleuchtungskörper vor die Fenster
wasserdicht	„	wasserdicht	
„	„	„	
Kurbelschalter	außerhalb oder Glocken	Porzellan und Glas wasserdicht	
außen oder Gummischalter	außen	Porzellan; Dichtung Asbest und Firnis	Vorsicht!
Glocken oder außen	„	wasserd. Armatur	
außen	„	Porzellan und Glas wasserdicht	
„	„	Porzellan und Glas wasserdicht	
Kurbelschalter	gewöhnlich	gewöhnlich	
außen	„	wasserdicht	
Kurbelschalter	„	wasserdicht und dampfdicht	
„	außen	Porzellan	zum Binden Pechschnur
„	„	„	zum Binden geteertes Hanfseil
„	gewöhnlich	gewöhnlich	

18. Tabelle über Verwendung von Kupferdrähten.

Bezeichnung der Leitungen	Verwendungsort: Im Erdboden oder unter Putz a.	Außenräume b.	Trockene Räume c.	Feuchte Räume d.	Räume von Gasen oder Dämpf. erfüllt e.	Beleuchtungskörper f.
Blanke Leitung	—	Porzellan-Glocken	1. Porzellan-Glocken 2. Porzellan-Rollen	Porzellan-Glocken	Porzellan-glocken bedingungsweise	—
Spannung	—	beliebig	1) bel. 2) 220	220	220	—
Isolierte Leitung und Gummi-Leitung	Gummirohr Isolierrohr armiert	1. Porzellan-Glocken	1. Porzellan-Glocken 2. Porzellan-Rollen 3. Porzellan-Klemmen 4. Rohr	1. Porzellan-Glocken 2. Mantel-Rollen	1. Porzellan-Glocken 2. Rohr luftdicht	Lose im Innern der Rohre, oder außen durch Isolierband oder Seide befestigt
Spannung	440	1) bel.	bel.	1) bel. 2) 220	1) 440 2) 220	bis 220
Blankes Bleikabel	Tonrohr	Tonrohr	Tonrohr	Tonrohr	Tonrohr	—
Spannung	bel.	bel.	bel.	bel.	bel.	—
Asphaltiertes Bleikabel	Rohr	1. Klemmen 2. Rohr	1. Klemmen 2. Rohr	1. Klemmen 2. Rohr	Bedingungsweise	—
Spannung	bel.	—	—	—	—	—
Asphaltiertes eisenarmiertes Bleikabel	unmittelbar zu verlegen	1. Klemmen 2. Rohr	1. Klemmen 2. Rohr	1. Klemmen 2. Rohr	Bedingungsweise	—
Spannung	bel.	—	—	—	—	—
Biegsame Leitungsschnur mit Gummiisolation	—	—	Bedingungsweise	Bedingungsweise (in Gummischlauch)	Bedingungsweise (in Gummischlauch)	Bedingungsweise
Spannung	—	—	220	220	220	220

19. Tabelle über Stromstärken, Spannungen von galvanischen Bädern.

Metall	Stromstärke p. qm Amp.	Stromdichte p. qm Amp.	Bäderspannung in Volt	Zweck und Niederschlag
Kupfer	0,23—0,26	20—60	0,5—1,5	zäh
"	0,62—1,5	60—150	"	Klischees
"	1,5—3,5	150—350	"	normal fest
"	3,5—6,0	350—600	"	" hart
"	7,7—15,5	750—1500	"	körnig
"	0,3—0,5	30—50	3—5	Cyanbad
Nickel	Anfang 1,4—1,6 später 0,16—0,31	15—35	1,5—2 5—7	dauerhaft und hart zäh (auf Zink)
Silber	0,16—0,45	15—45	0,5—1,3	—
Gold	0,08—0,16	8—16	0,5—3	—
Messing	0,4—0,6	40—60	3—5	—
Eisen (stahl)	0,07—0,25	7—25	1—1,5	—

20. Tabelle über Amortisations- und Unterhaltungsquoten in % des Anlagekapitals.

	Amortisation %	Reparaturen %
Bauten	1,5—2	0,5—1
Kessel, Dampfmaschinen, Turbinen, Gasmotoren, Lokomobilen	7,5	1,5—2 (Gasmotoren 3)
Sauggasanlagen	10,0	4
Dynamos, Motoren, Transformatoren	5	1
Kabelnetz	4	1
Akkumulatoren	10	3
Schalttafel, Freileitungen	3	2
Allgemeines	3	1

21. Bezügl. diverser Normalien verweisen wir auf:

1. Kupfernormalien: ETZ. 1903, S. 687.
2. Normalien für Kontaktgrößen und Schrauben: ETZ. 1895, S. 594.
3. „ „ Leitungen: ETZ. 1903, S. 687.
4. „ „ Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial: ETZ. 1903, S. 683.
5. „ „ Glühlampenfüße und -Fassungen mit Bajonettverschluß: ETZ. 1899, S. 330.
6. „ „ „ „ „ „ Edisongewinde: ETZ. 1900.
7. „ „ Steckkontakte: ETZ. 1899, S. 880.
8. „ „ Holzgestänge: ETZ. 1903, S. 682.
9. „ „ Schiffsanlagen: ETZ. 1903, S. 401.

Urteile der Fachpresse.

Schweizerische Blätter für Elektrotechnik.

Dieses Werk erfüllt seine Aufgabe, den Studierenden und nicht elektrotechnisch gebildeten Ingenieur mit der elektrischen Maßkunde vertraut zu machen, voll und ganz, da der an und für sich schwierige Stoff mit besonderer Leichtigkeit mühelos verständlich gemacht wird. Besonders das Kapitel „Magnetismus" ist in klarer knapper Form, die langatmiger Ableitungen entbehrt, behandelt. Die einzelnen Apparate sind nicht ausführlich beschrieben, hingegen ihre Anwendungsweise klar dargelegt, ihr Prinzip in einfacher Weise erläutert. Die Photometrie, ein Kapitel, das noch immer viel zu stiefmütterlich behandelt wird, wurde vom Verfasser in übersichtlicher Weise erläutert. Übersichtlich gehaltene Tabellen beschließen dieses in Ausstattung würdig gehaltene Buch.

Häders Zeitschrift für Maschinenbetrieb und Montage.

Dieses Buch soll allen denen ein verläßlicher Ratgeber sein, die öfters in ihrer praktischen Tätigkeit elektrische Messungen auszuführen haben, also auch denjenigen Technikern und Ingenieuren, welche keine Elektrotechniker sind. Der Stoff des Buches ist dementsprechend verständlich und übersichtlich behandelt und sind alle langen mathematischen Abhandlungen möglichst vermieden, und können wir das Buch deshalb jedem Interessenten empfehlen.

Zeitschrift für Elektrotechnik.

Es ist als großer Vorteil für die Erzielung eines gründlichen Verständnisses zu bezeichnen, daß dem eigentlichen Thema dieses Buches einige einleitende Kapitel vorangestellt sind. Dieselben verschaffen dem Studierenden durch die Besprechung der mechanischen und elektrotechnischen Grundbegriffe die notwendige gesunde Grundlage für das Studium des eigentlichen Stoffes. Der letztere selbst ist sehr reichhaltig, obwohl nur jene Meßmethoden zur Besprechung gelangten, welche praktischen Wert besitzen und in den elektrotechnischen Laboratorien im Gebrauche stehen. Das Buch wird deshalb auch jenen ein wertvoller Bedarf sein, die im Versuchsraum elektrotechnischer Fabriken beschäftigt sind.

Elektrotechnisches Echo.

Die Behandlung des Stoffes ist dementsprechend eine solche, daß sie auch jenen, die am Anfange ihrer elektrotechnischen Studien stehen, ohne große Mühe verständlich ist. Da die verschiedenen Schaltungsweisen klar dargestellt und die Berechnungen der gesuchten Größen aus den gemessenen Werten übersichtlich behandelt werden, so können wir die Beschaffung des Werkes Interessenten bestens empfehlen.

Glückauf.

Wir wünschen dem Buche, das in einem Anhange Andeutungen über Photometrie gibt und mit einigen Tabellen sowie einem Inhaltsverzeichnisse abschließt, den gebührenden Erfolg.

Urteile der Fachpresse über vorbenanntes Werk.

Elektrotechnischer Anzeiger Nr. 25. 1903. . . . Das vorliegende Buch ist ein den praktischen Bedürfnissen der Gegenwart entsprechend abgefaßtes Handbuch für den Starkstrom-Elektriker. Es enthält als ersten Teil ein elementargehaltenes technisches Hilfsbuch nebst Formeln und Tabellen, als zweiten Teil reichhaltige Unterlagen, Markt- und Zahlenwerte (Preise usw.) zur Kalkulation elektrischer Anlagen und endlich als dritten Teil eine reichhaltige Sammlung von Schaltungsskizzen von Maschinen, Lampen, Batterien, Schaltern usw.

Da es außerdem handliches Format besitzt und auch die Vorschriften des Verbandes deutscher Elektrotechniker und ähnliche allgemein gültige Bestimmungen enthält, dürfte es sich bald weiterer Verbreitung in Interessentenkreisen zu erfreuen haben.

Der Elektrotechniker Heft II. 1902. Erstes österreichisch-ungarisches Fachjournal. . . . Die vorgenommene Dreiteilung des Inhalts in ein technisches Hilfsbuch, in ein Kalkulationsbuch und in einen für Schaltungsschemata ist gut gewählt und kennzeichnet die praktische Richtung des elegant ausgestatteten Hilfsbuches, welches in erster Linie für Installateure bestimmt ist.

Der Verfasser ist nach dem ganzen Aufbau des Stoffes gewiß ein Mann der Praxis mit reichen Erfahrungen, der genau weiß, wo er mit seinem Handbuch helfend eingreifen kann.

Schweizerische Blätter für Elektrotechnik Nr. 21. 1902. . . . Dieses Handbuch hat die Aufgabe, die Installation, Akquisition und Kalkulation elektr. Anlagen zu erleichtern. Es zeichnet sich durch ein umfangreiches und übersichtlich gehaltenes Tabellenmaterial aus, das gute Dienste leisten wird.

Das Buch ist bestens zu empfehlen.

Der Mechaniker Nr. 21. 1902. . . . Wie der Titel sagt, ist das Buch für Starkstrom-Installateure bestimmt, es ist aus der Praxis hervorgegangen und für die Praxis geschrieben. Der erste Abschnitt enthält die für die Installation erforderlichen Formeln, Tabellen, Gesetze usw.

Die Anordnung der behandelten Materie scheint uns recht praktisch und übersichtlich gewählt zu sein.

Technisch-Industrielle Rundschau Nr. 24. 1902. Offizielles Organ des Verbandes Bayrischer Gewerbevereine. . . . Ein wirklich ebenso praktisches wie gediegenes und vielseitiges Handbuch, das durch seine wertvollen Winke und Ratschläge zu einem ständigen Begleiter für jeden werden sollte, der mit der Projektierung und Kalkulation elektr. Starkstrom-Anlagen zu tun hat. Zahlreiche Illustrationstafeln dienen ergänzend zu dem Texte, der neben vielen zweckmäßigen Tabellen, den Preisen der gebräuchlichsten Materialien auch die verschiedensten Schaltungsarten behandelt.

Die Elektrizität Heft II. 1903. Organ des Verbandes der elektrotechnischen Installationsfirmen in Deutschland. . . . Das vorliegende Handbuch entspricht in seiner Anordnung und in allen seinen Teilen den Anforderungen der Praxis.

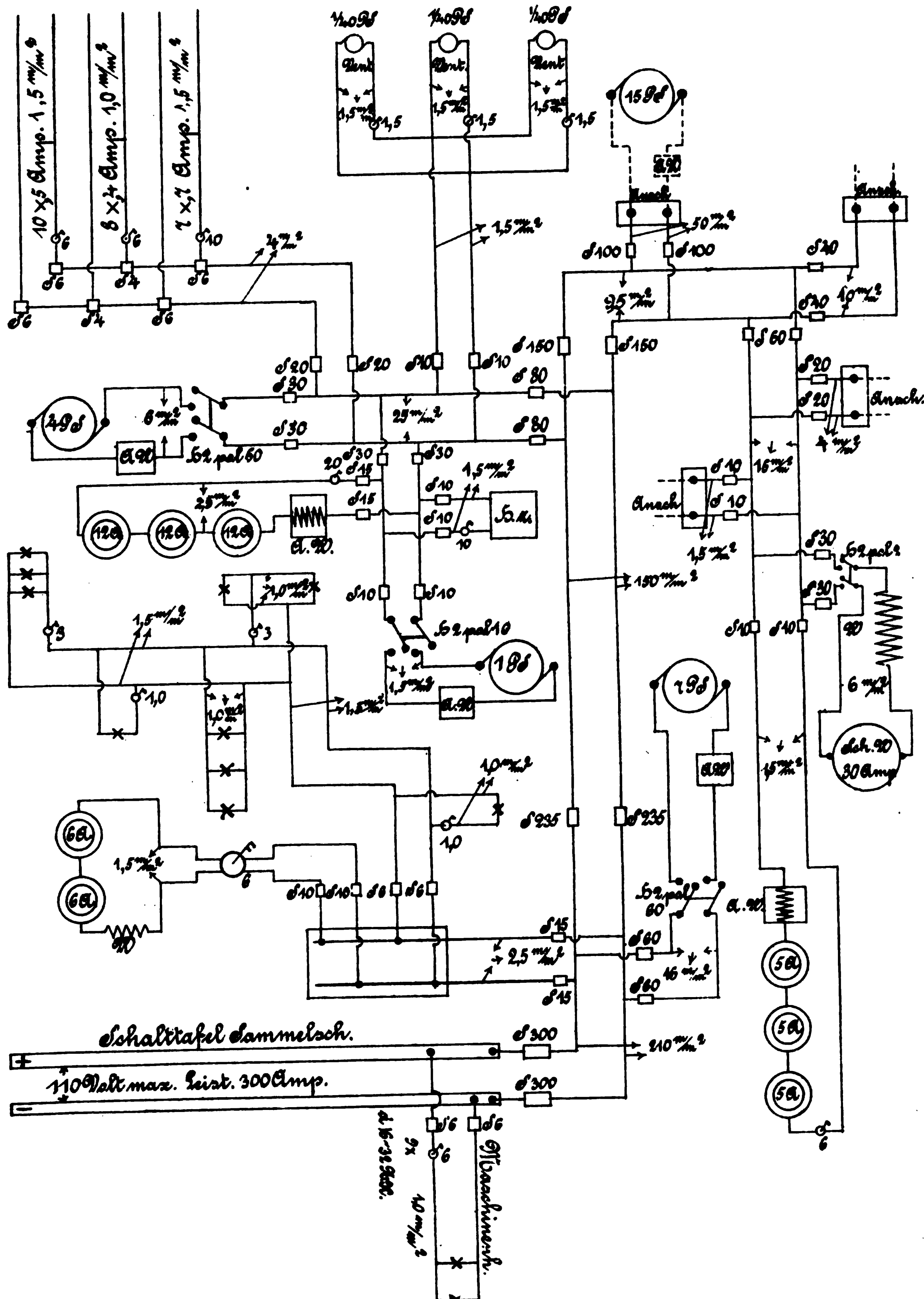
Der Verfasser bietet uns nicht nur ein möglich vielseitiges, sondern auch handliches Buch, das bei der Installation, Kalkulation und Akquisition elektrischer Anlagen vortreffliche Dienste leisten wird.

Zeitschrift für Elektrotechnik Heft 5. 1903. Organ des Elektrotechnischen Vereins in Wien. . . . Der Verfasser verfolgt den Zweck, dem Elektrotechniker bei der Installation, Akquisition und Kalkulation durch Zusammenstelllung von in Tabellen vereinigten, technischen Daten, von Berechnungsformeln und Schaltungsplänen ein für die Praxis taugliches Handbuch zu bieten.

Die Anordnung des großen benutzten Materials ist eine sorgfältige und die Erklärungen theoretischer Natur sind bei der durch den Zweck des Buches bedingten Kürze ausreichend und klar.

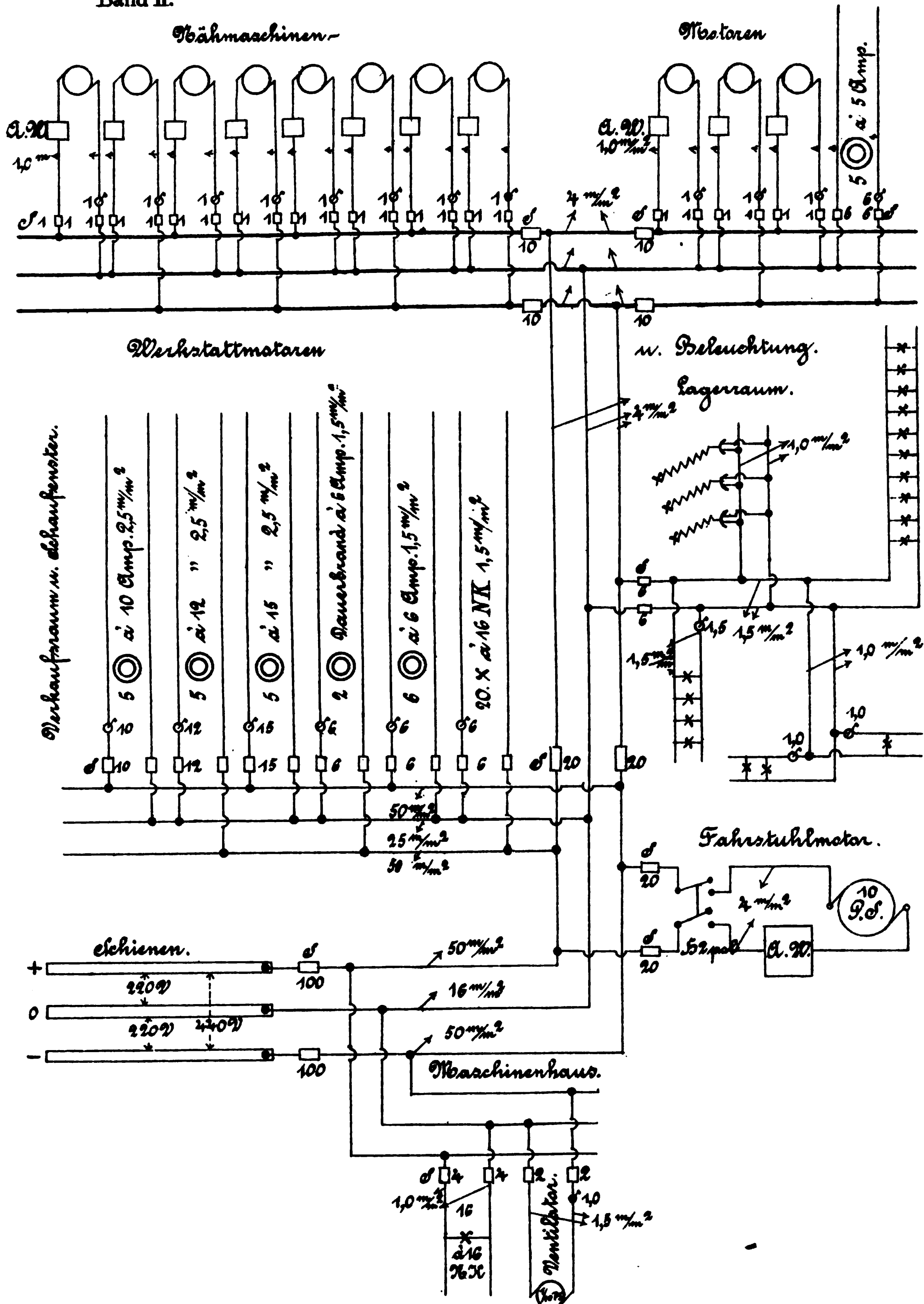
Im großen ganzen wird das Buch dem Zwecke, dem es der Verfasser gewidmet hat, dienlich sein.

Die Elektrizität. . . . Das vorliegende Handbuch entspricht in seiner Anordnung und in allen seinen Teilen den Anforderungen der Praxis. Der Verfasser bietet uns nicht nur ein möglichst vielseitiges, sondern auch handliches Buch, das bei der Installation, Kalkulation und Akquisition elektrischer Anlagen vortreffliche Dienste leisten wird. Der Stoff ist in drei Abschnitte eingeteilt, von denen der erste als technisches Hilfsbuch die für die Installation erforderlichen Formeln, Tabellen, Gesetze usw. behandelt; der zweite als Kalkulationsbuch die Preise der gebräuchlichsten Materialien für Starkstrom-Installationen enthält und der dritte Teil die verschiedensten Schaltungsarten von Dynamos, Motoren, Bogenlampen, Schaltern, Akkumulatoren usw. behandelt. Außerdem enthält das Werk in einem Anhang die genauen Vorschriften des „Verbandes Deutscher Elektrotechniker" in geordneter Folge und ist im 2. Abschnitt des Buches bei jedem einzelnen Material auf die dabei in Frage kommenden Vorschriften hingewiesen. Um auch die Akquisition neben der Kalkulation wesentlich zu erleichtern, ist bei jedem Material der gebräuchliche Durchschnittspreis angegeben und den Akquisiteuren und selbständigen Installateuren in einer offenen Spalte ferner ermöglicht, die von ihnen gewählten Preise selbst einzusetzen, um sofort gleich an Ort und Stelle der projektierten Anlage in der Lage zu sein, neben dem Materialaufwand auch den Kostenaufwand schon mit möglichster Genauigkeit festzustellen. **—ck.**



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



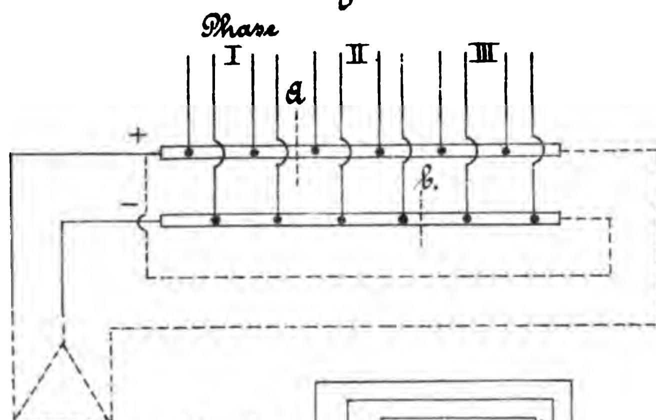
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

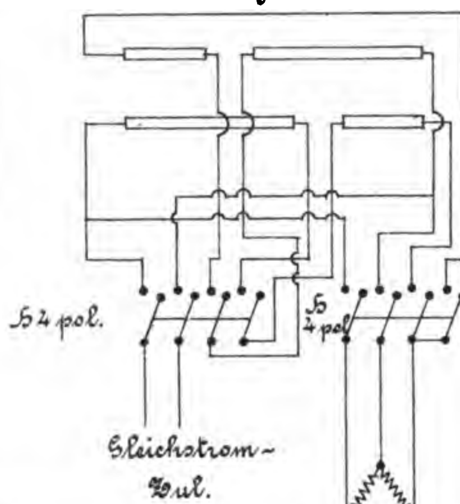
Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

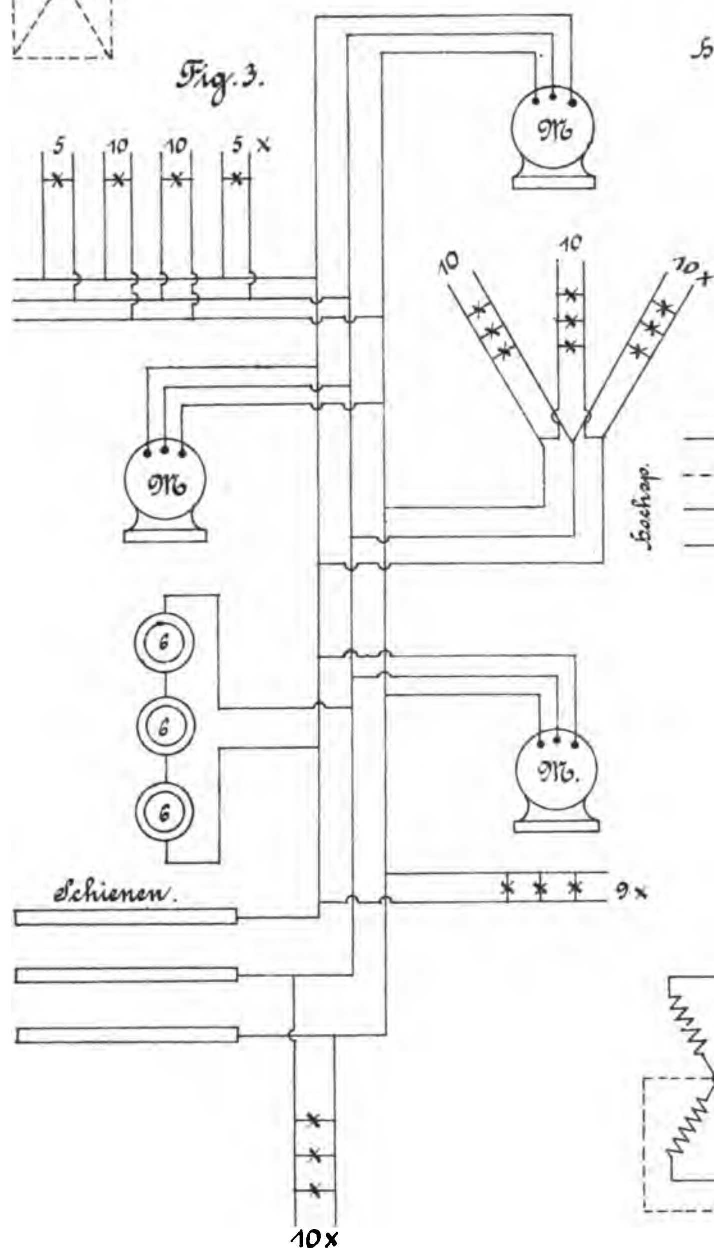
	Vorderhaus.	Seitenflügel.	I Quergebäude.	Seitenflügel.	II Quergebäude.
IV St.	Photograph. 20 × f. Beleuchtung 2 ◎ à 25 A. f. Aufnahme-Beleuchtung 1 elektr. heizbar Satiniermasch. 1 ◎ f. Copierpresse 15 A	Wohnung. 16 × f. Beleuchtung.	Pausanstalt. 4 ◎ à 20 A. 1 ~○ ⅟1 P.S. f. Wasserpumpe 6 × f. Bel.	Schumacherwerkst. 1 ~○ à ¼ P.S. f. Nähmasch.	Bodenräume. 10 × f. Bel.
III St.	Wohnung. 34 × f. Bel. 1 Cigarrenanzünder. 1 elektr. Badeofen div. Heiz u. Kochapp.	Wohnung. 21 × f. Beleuchtung. 1 Brennscherenwärmer	Kartenfabrik. 1 ~○ 2 P.S. f. div. Masch. Transmiss. 40 × f. Bel.	Weisswaarenfabr. 1 ~○ 2 P.S. f. ca. 30. Nähmasch. 32 × f. Bel.	Plätterei. 20 Bügeleisen. 22 × f. Bel.
II St.	Architect. Bureau. 8 ◎ à 8 A. f. indir. Bel. 6 × f. Beleuchtung.	Wohnung. 26 × f. Beleuchtung. Div. Heiz u. Kochapp. 1 Nähmasch. Motor.	Tischlerei. 1 ~○ 2 P.S. f. Kreissäge. 1 ~○ 1 " " f. Abrichtmasch. 1 ~○ 5 " " f. Hobelmasch. 10 × f. Bel.	Galvanopl. Anstalt. 1 ~○ mit 4–8 Volt – Dynamo gekuppelt 6 × f. Bel. 1 ~○ 1 P.S. f. Polterzwecke	Wäscherei. 1 ~○ 6 P.S. f. Waschmaschinen 2 ~○ à 2 " f. Centrifugen. 16 × f. Bel.
I St.	Kaufm. Bureau. 44 × f. Beleuchtung.	Drechslerei. 6 ~○ à 3 P.S. f. Drehbänke 10 × f. Beleuchtung. 1 ~○ à 2 P.S. f. Bandsäge 1 ~○ " " " Kreissäge	Möbel Tischlerei. 1 ~○ 5 P.S. f. Fräsen. 1 ~○ 2 " f. Bandsäge. 1 ~○ 2 P.S. f. Pendelsäge. 15 × f. Bel.	Klempnerei. 10 Löthkolben. 12 × f. Bel. 1 ~○ 2 P.S. f. Locherei u. Stanze.	Wäscherei. 1 ~○ 6 P.S. f. Stärkmasch. u. Trockenräume-Exhaustor 1 ~○ 2 P.S. f. Wringmasch.
Part.	Laden. 4 ◎ à 6 A. 28 × f. Bel. 1 ~○ ⅟16 P.S. Ventilator 1 Cigarrenanzünder.	Fleischerei. 1 ~○ 3 P.S. f. Mischmasch. u. kl. Wolf. 1 ~○ 5 P.S. f. Wiegemesser u. gr. Wolf 2 ◎ à 6 A.	Sägemühle. 1 ~○ 1 P.S. f. Hobelmasch. 1 ~○ 5 " " Kreissäge 1 ~○ 2 " f. Decoupirsäge 1 ~○ 9 P.S. f. Horizontalgattersäge. 1 ~○ 4 P.S. f. Exhaustor.	Schlosserei u. Masch. W. 1 ~○ 8 P.S. f. Bohrmasch. Drehbänke, Säge, Hobelmaschine Schere Stanze etc.	Buchdruckerei. 8 div. ~○ v. ½–6 P.S. f. Rotations-Schnell- u. Tiegeldruckpressen etc. 15 × f. Bel.
Kell.	Lager. S.A. 6 × f. Bel. 1 ~○ 10 P.S. f. Fahrstuhl.	Lager. 4 × f. Bel.	Lager. 6 × f. Bel.	Schmiede. 1 ~○ 3 P.S. f. Gebläse. Bohrmaschinen etc.	Lager. 15 × f. Bel.

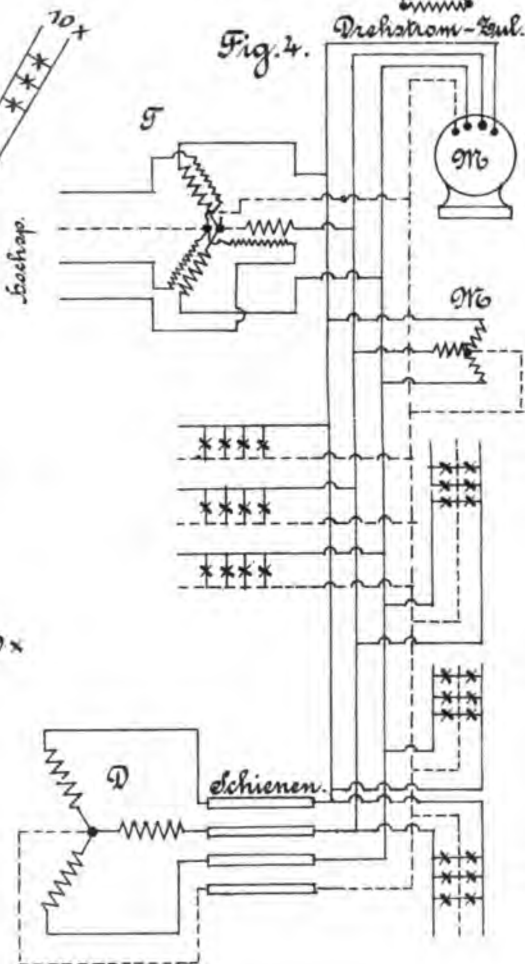
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



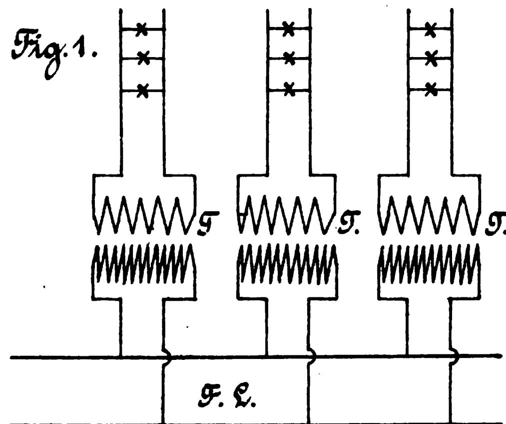


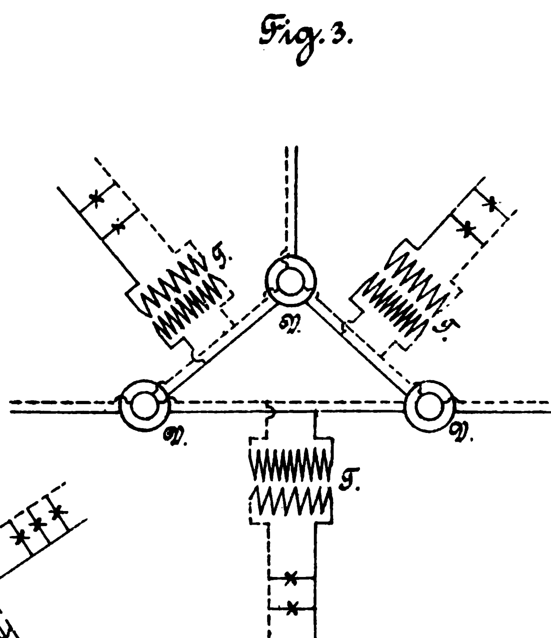


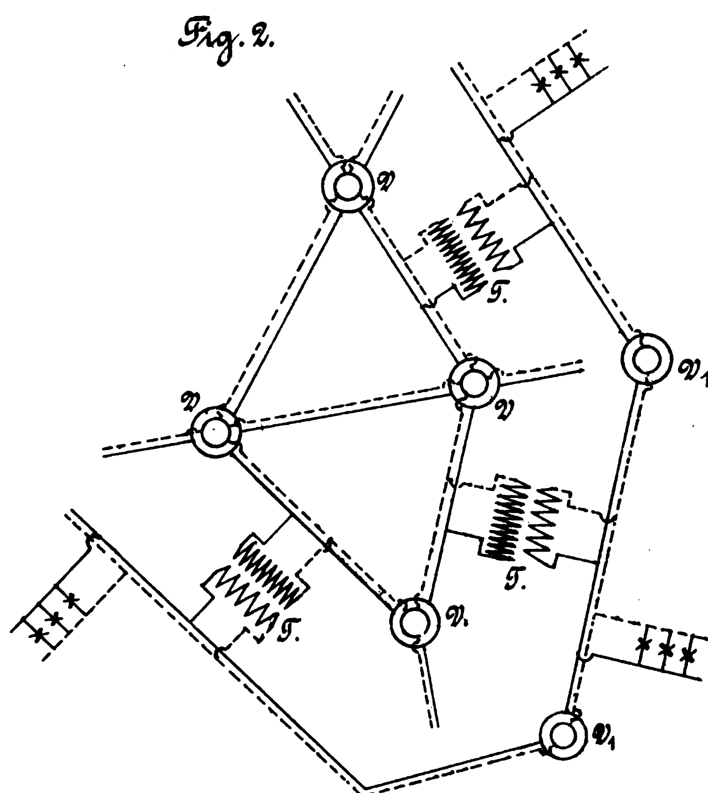


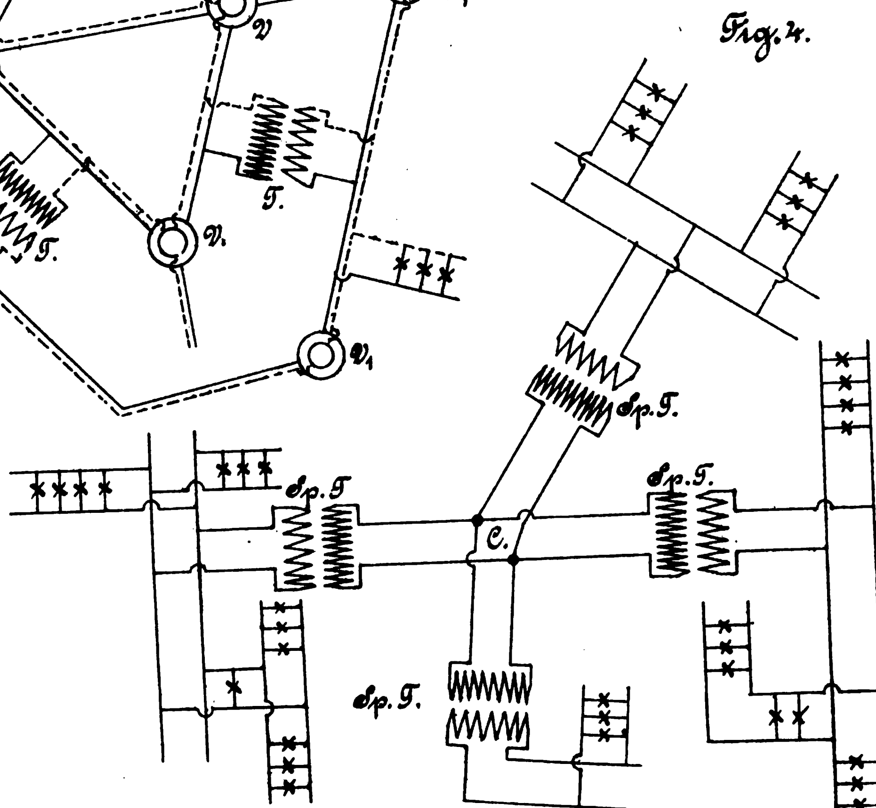
Lith. Anst. v. Fr. Wiesner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.





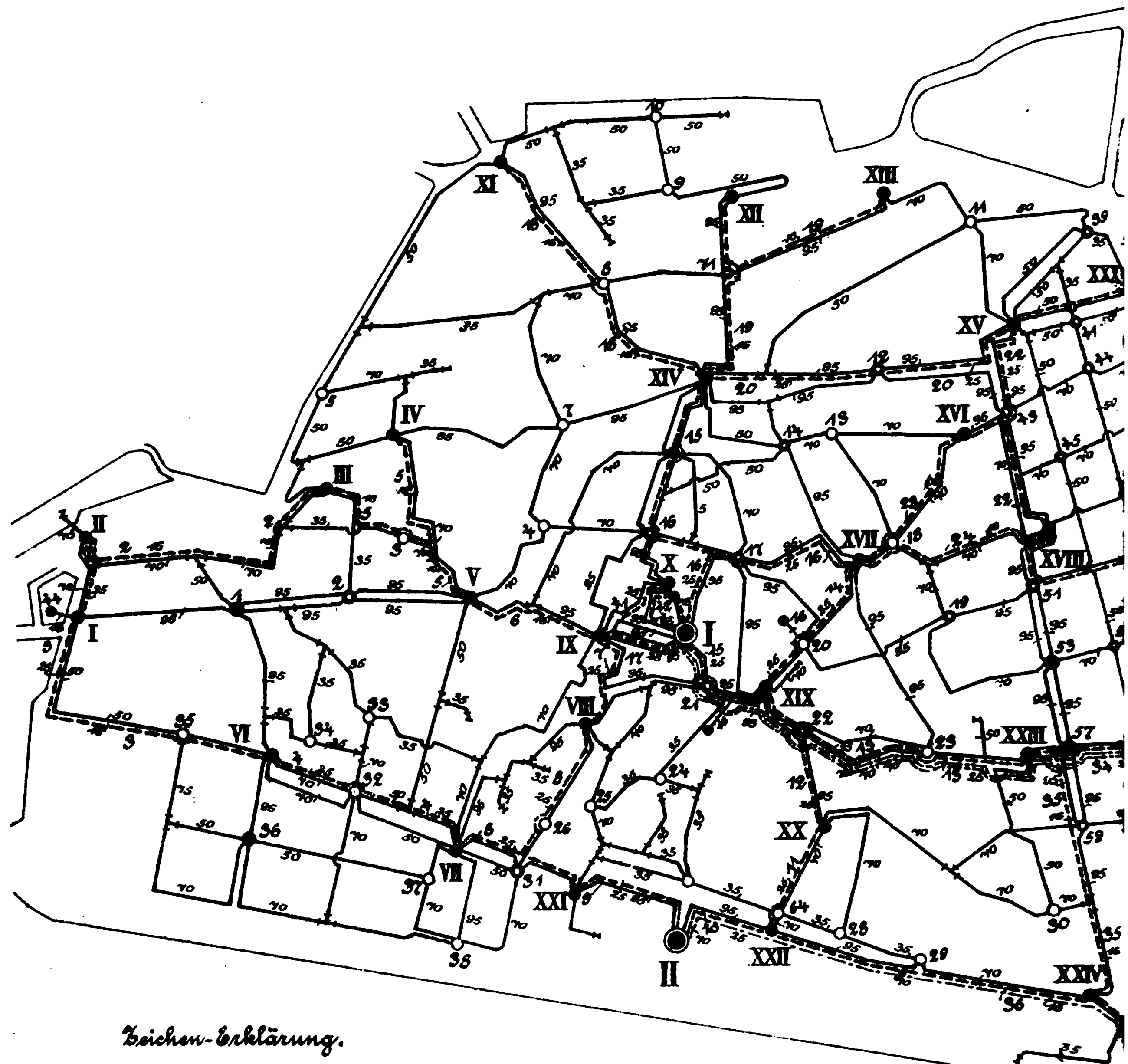




Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Hirschfeld, Handbuch.
Band II.

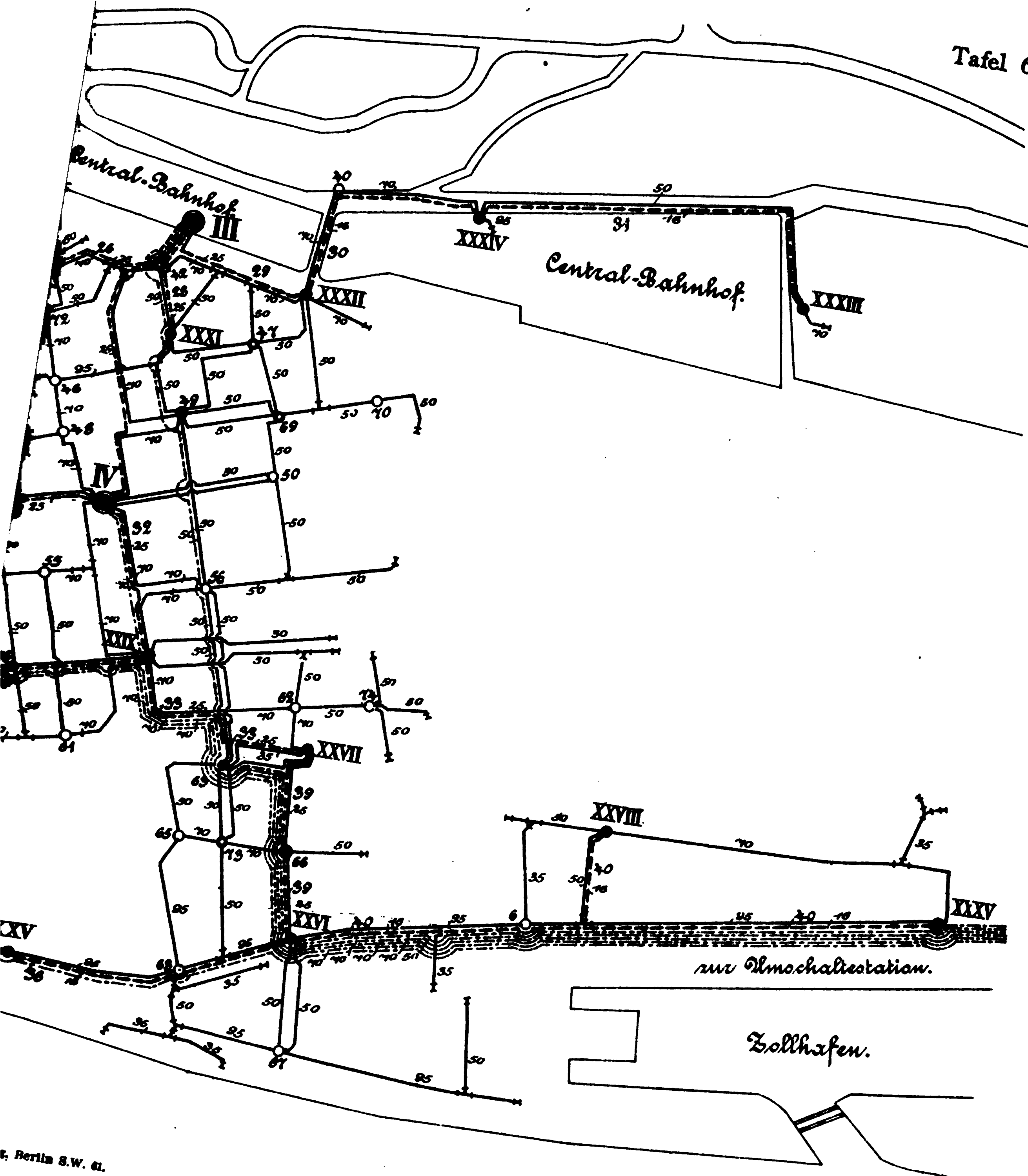


Zeichen-Erklärung.

- ● Speisepunkte.
- • Transformatoren.
- ○ Verteilungskasten für 4x3 verseilte Kabel.
- ◉ " " " 6x3 " "
- ● " " " 8x3 " "
- ——— Niederspannungsleitungen.
- – – – Hochspannungsleitungen.
- —·—·— Speiseleitungen.

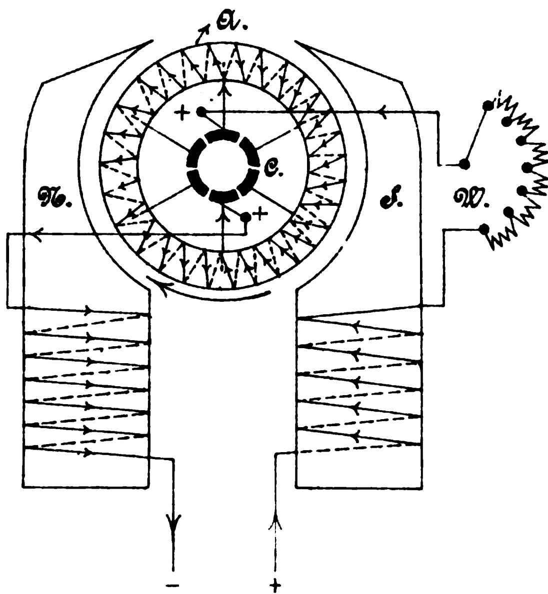
Verlag von Louis Marcus

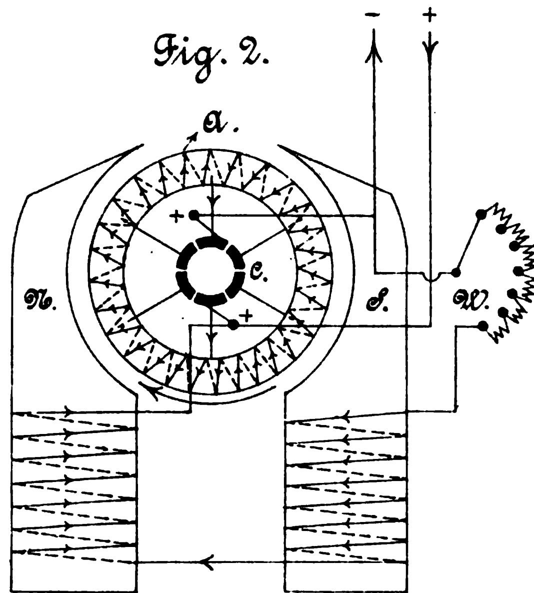
Tafel 6 u. 7.

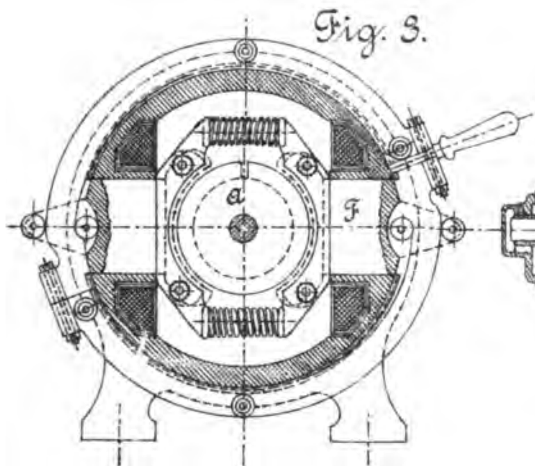


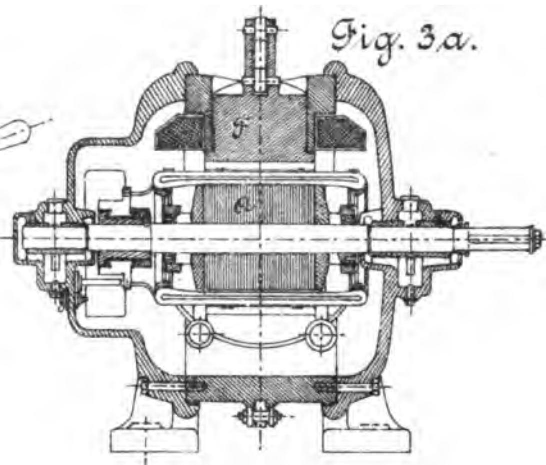
g, Berlin S.W. 61.

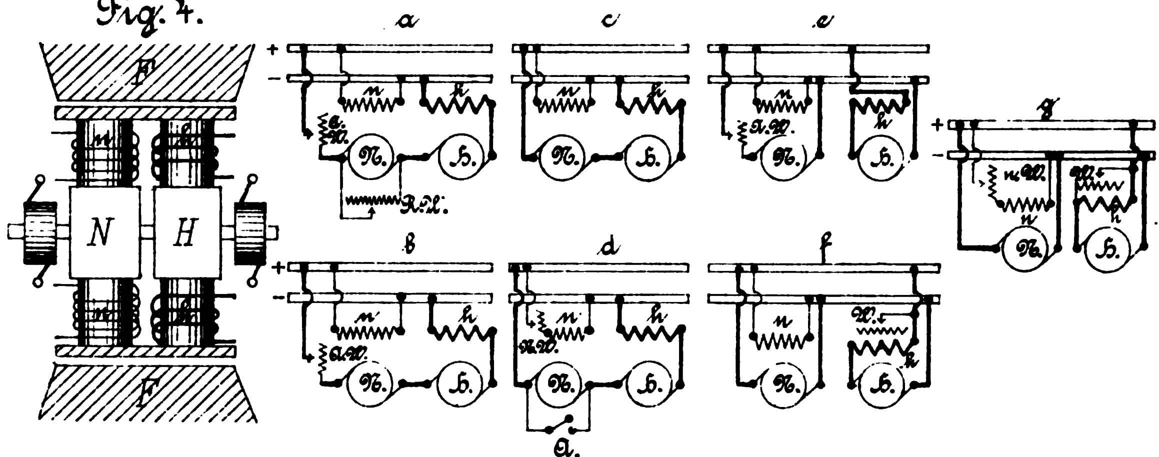
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.











Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Fig. 1.

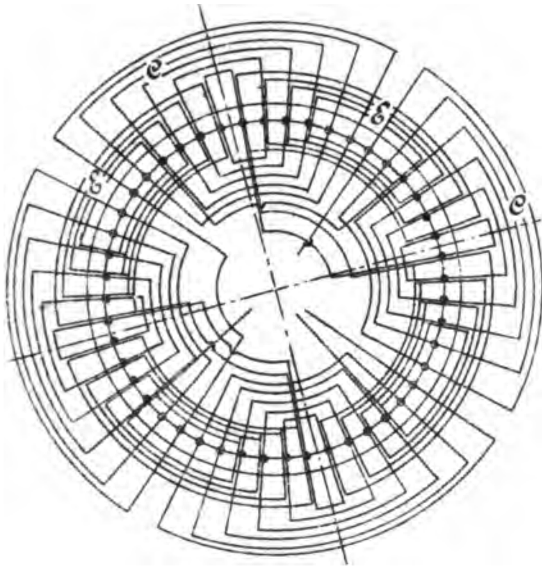


Fig. 2.

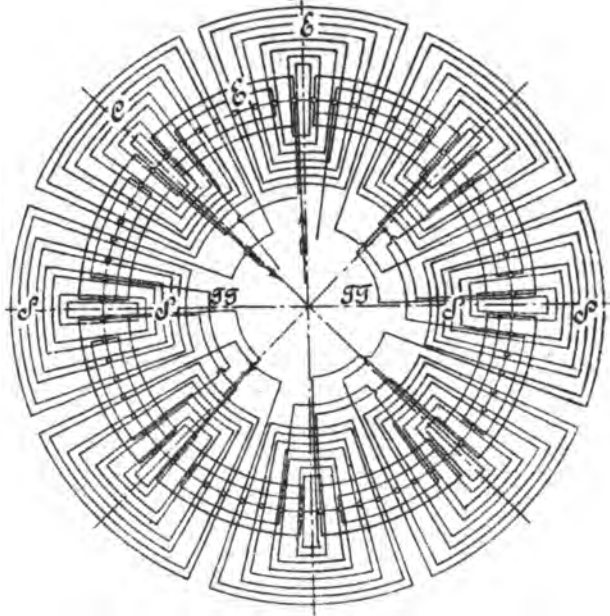
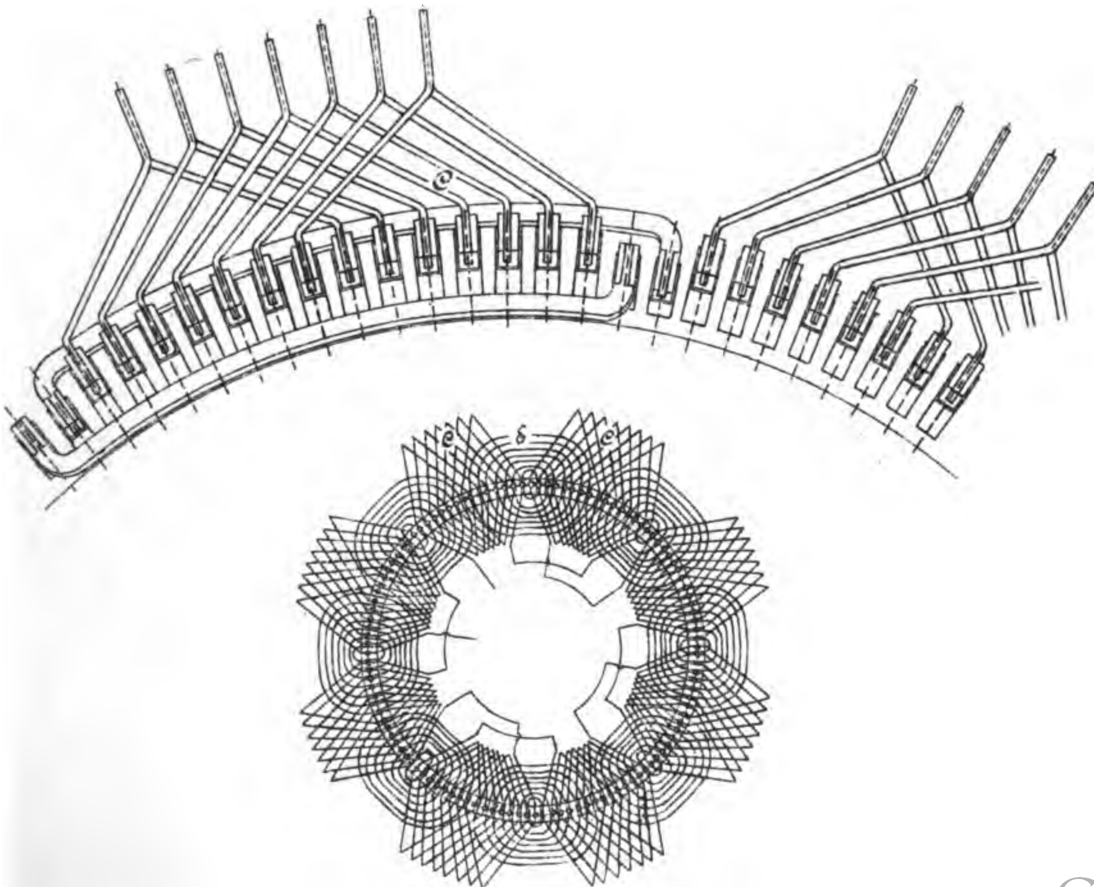


Fig. 3.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Fig. 1.

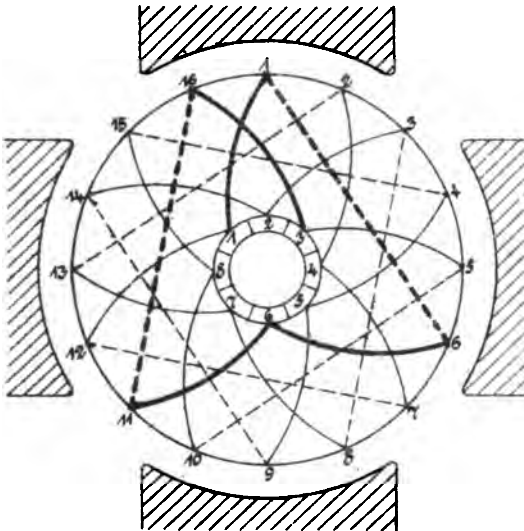


Fig. 2.

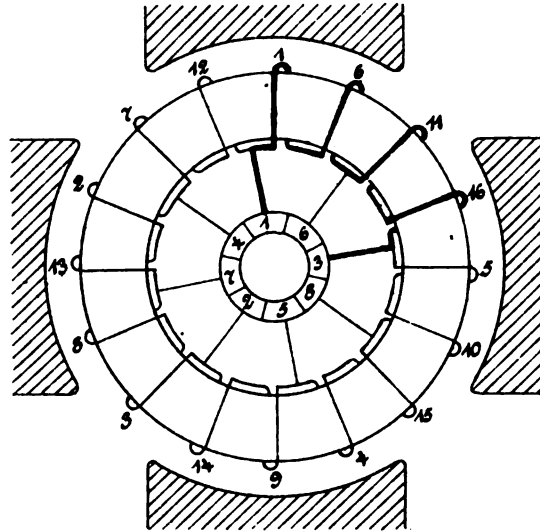


Fig. 3.

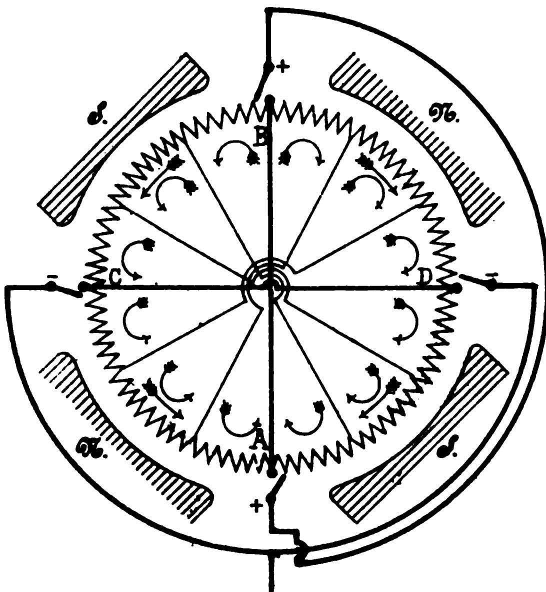
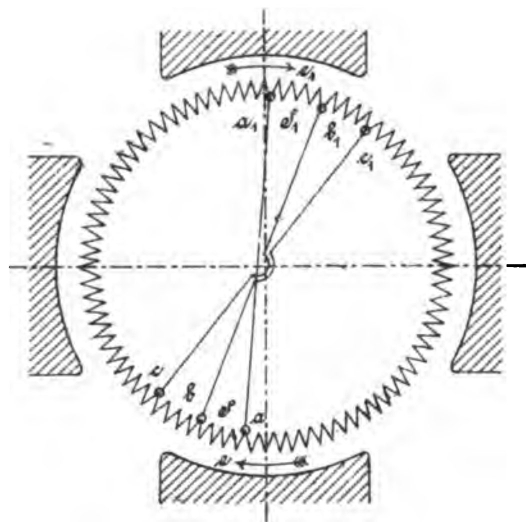
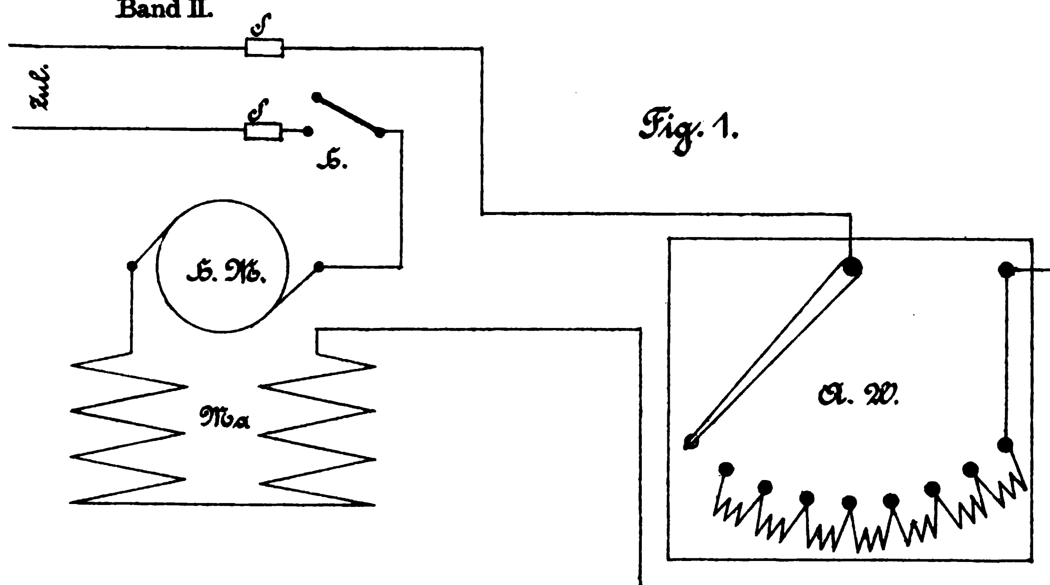


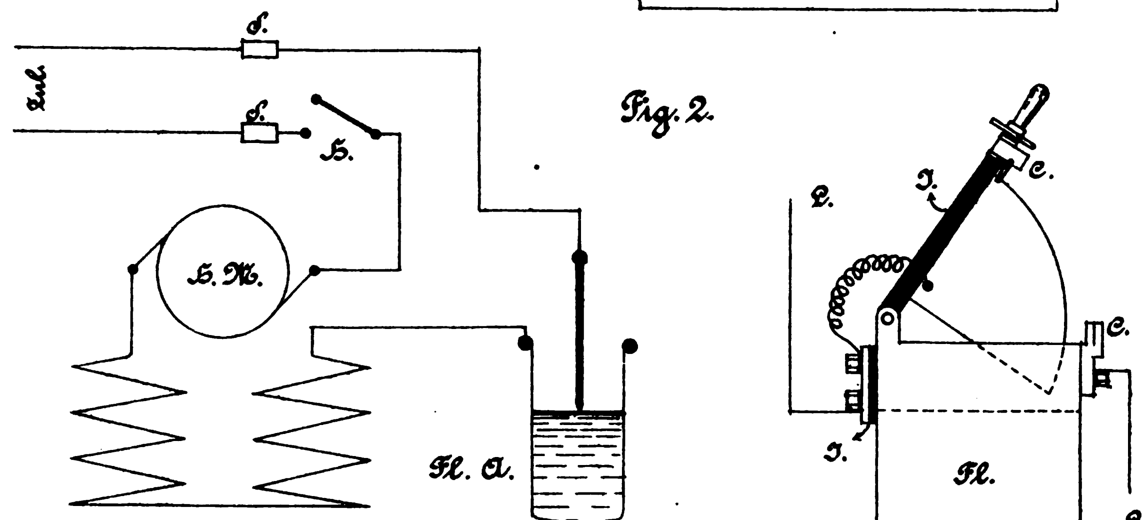
Fig. 4.

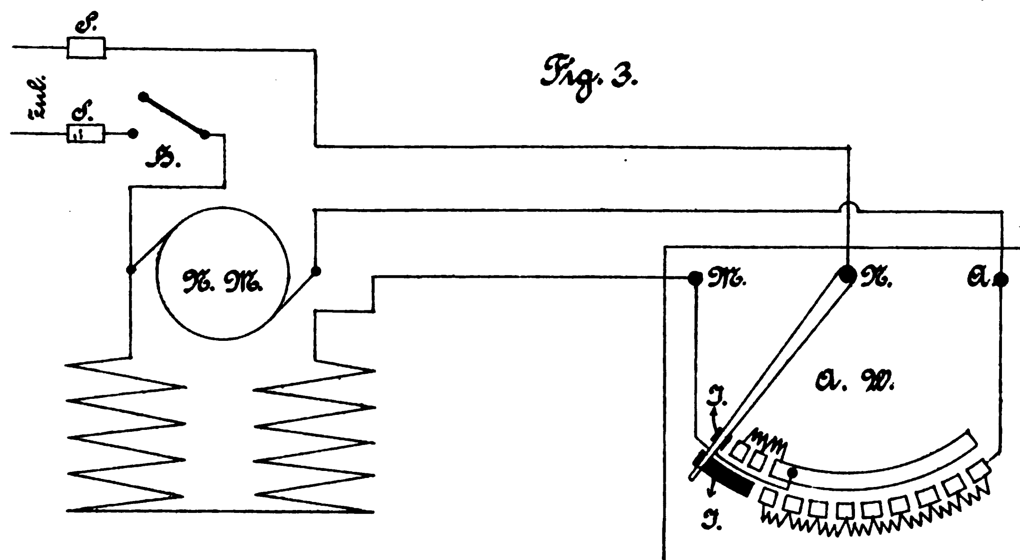


Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

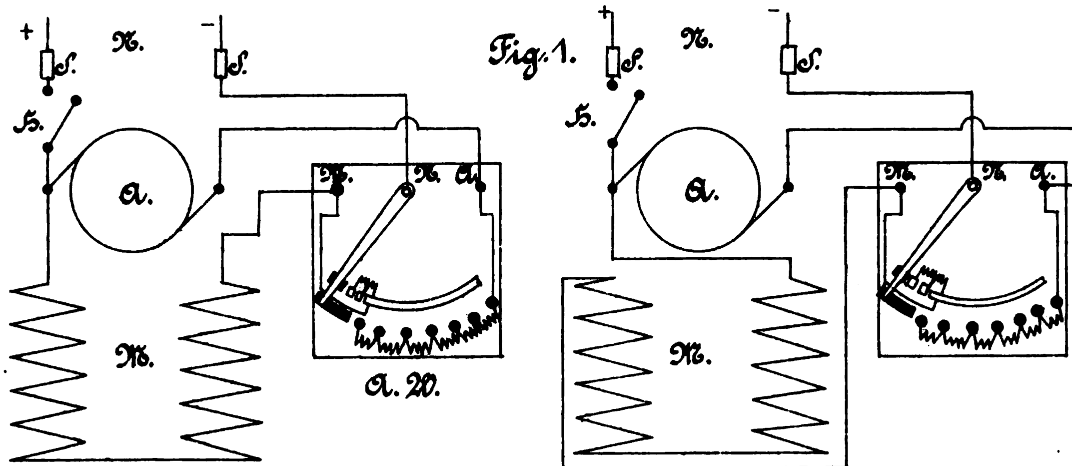


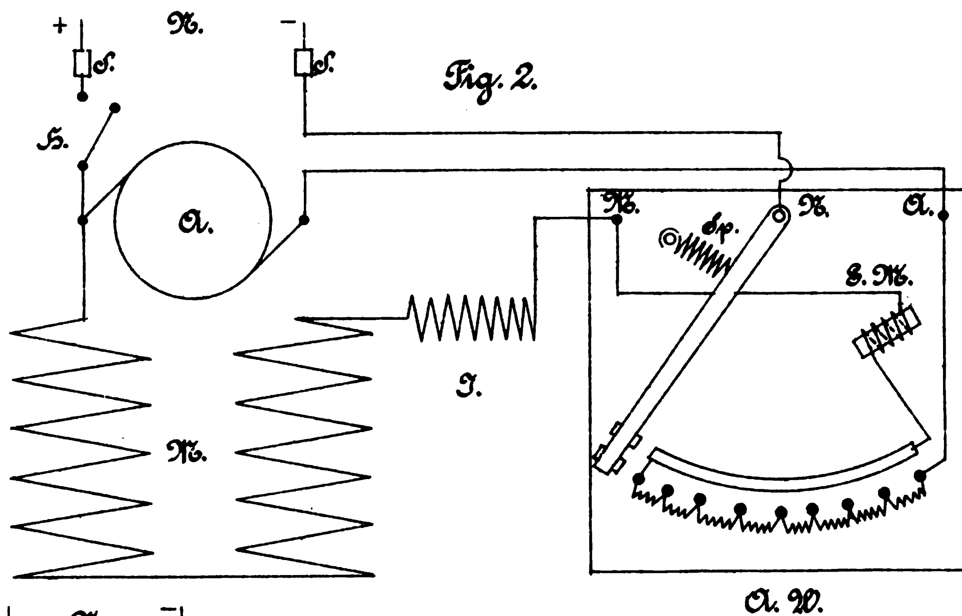


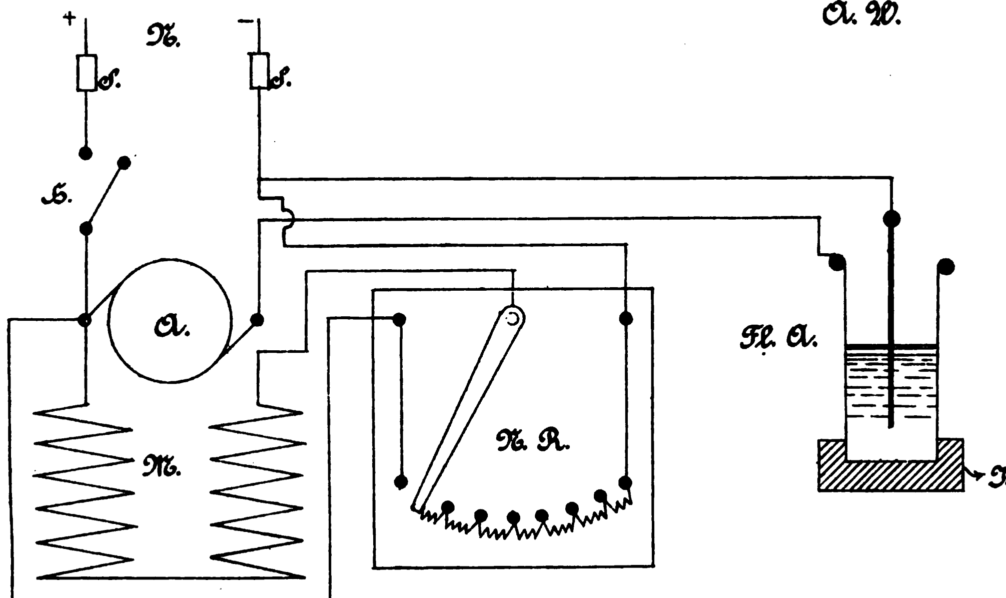


Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



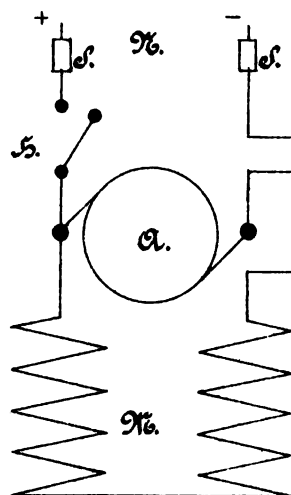




Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Fig. 1.



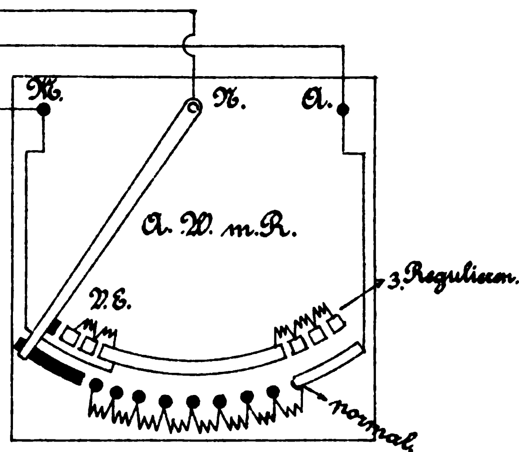
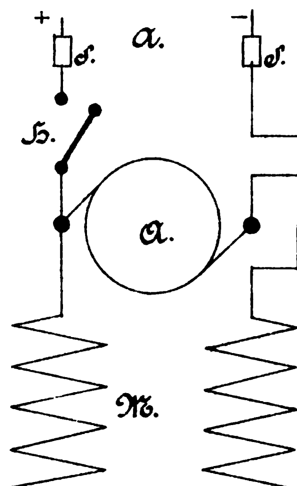


Fig. 2.



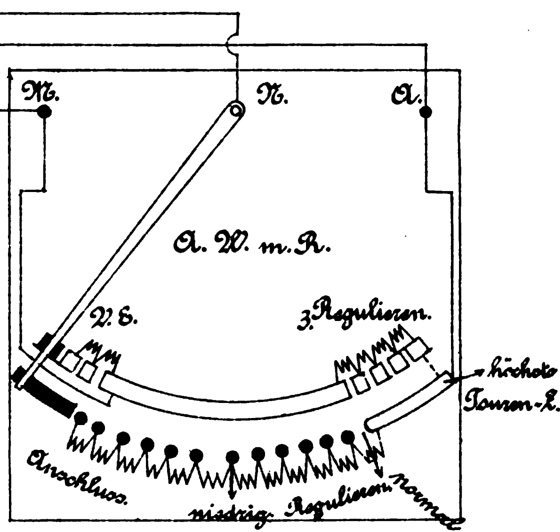
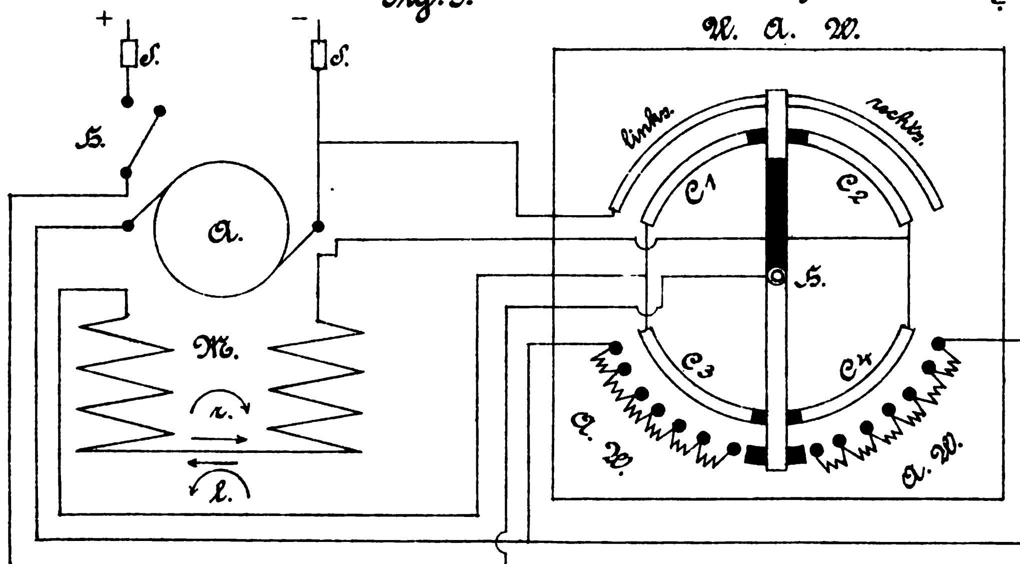


Fig. 3.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

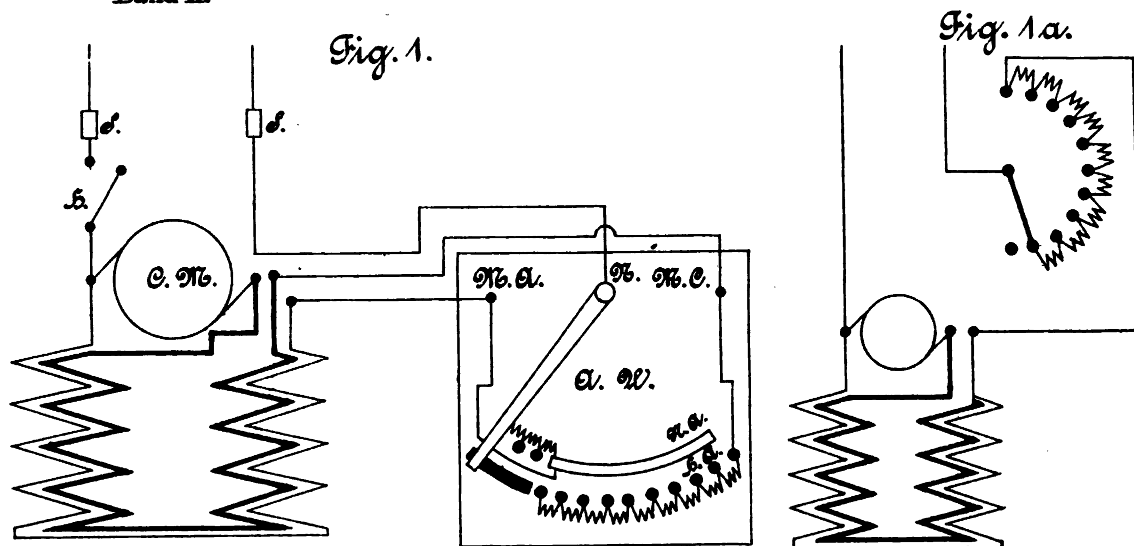


Fig. 2.

+ −

h_1 Station A.

W_1 l r W_2

M_1 a_1 a_2 M_2

S.

C_1 Z. C_2

A. S.

M.

Sch_1 Sch_2

N.

Station B. h_2

Fig. 1.

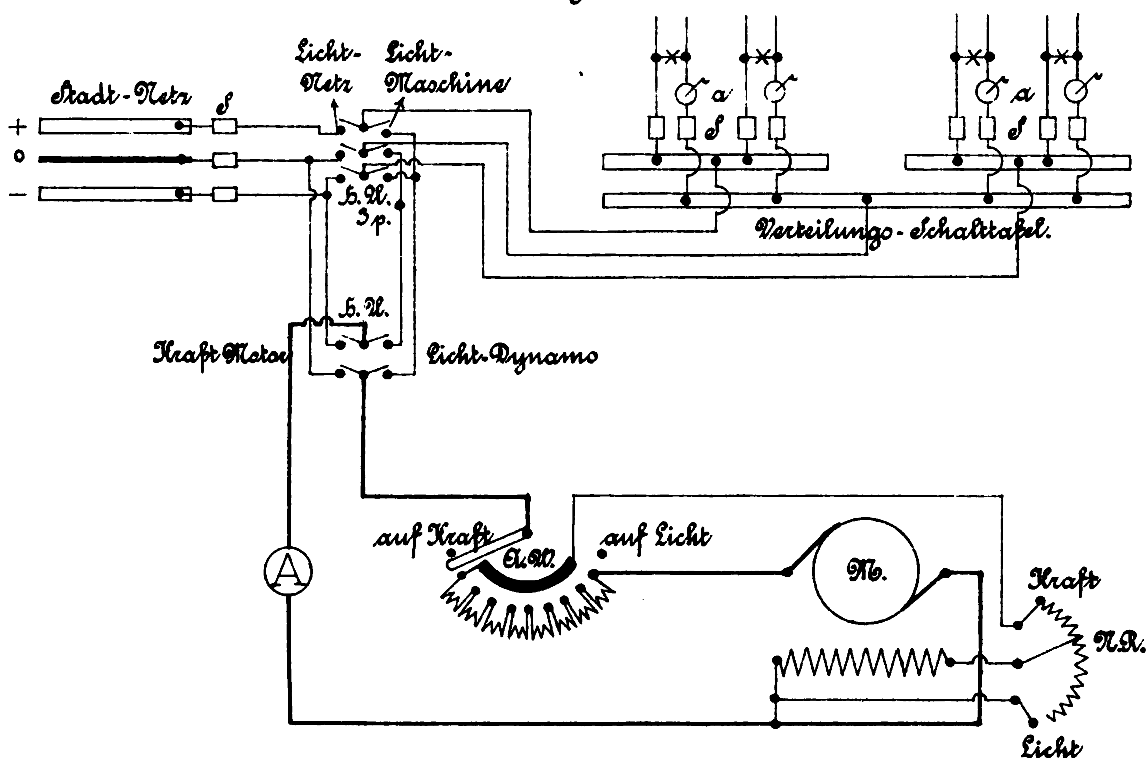


Fig. 2.

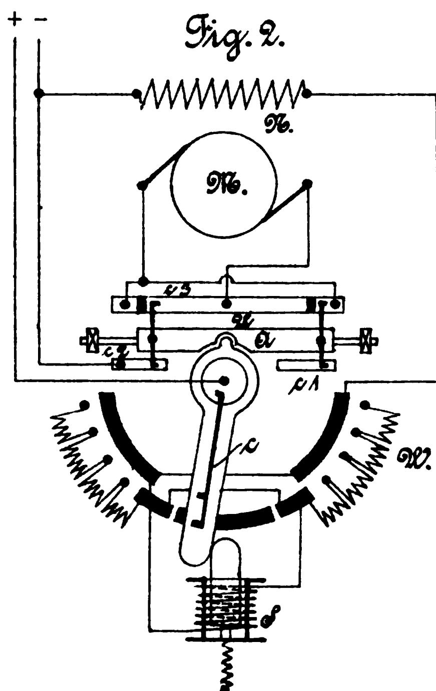
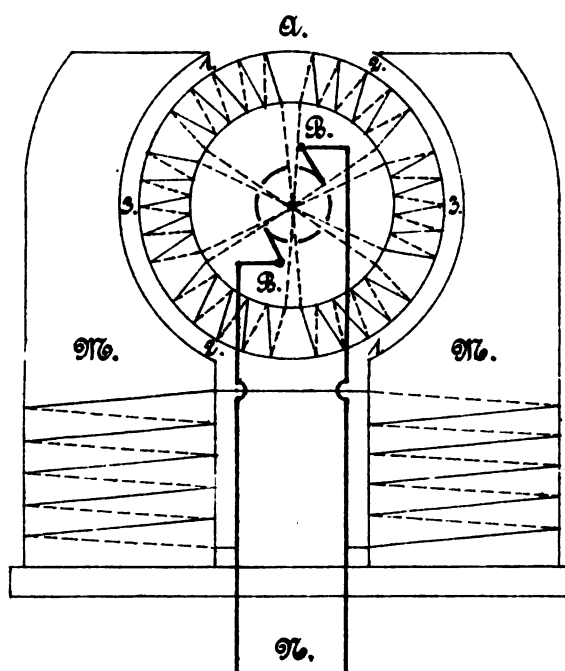


Fig. 3.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Fig. 1.

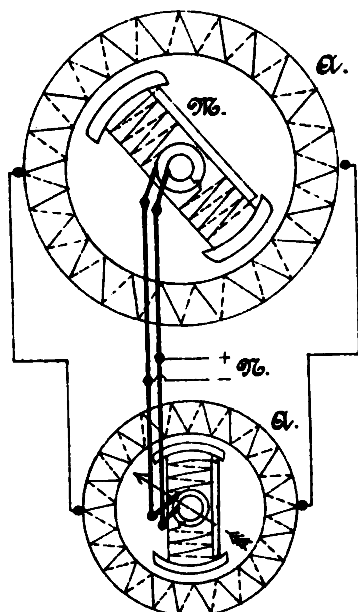


Fig. 2.

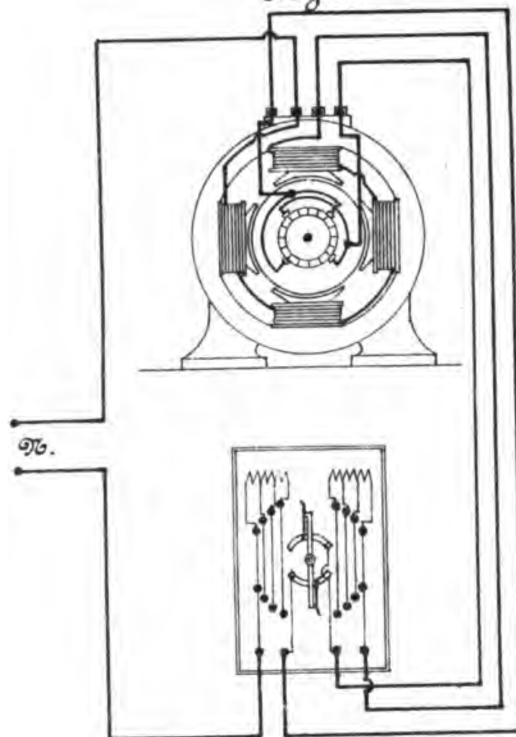


Fig. 3.

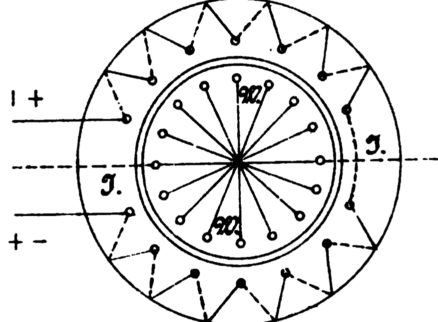


Fig. 4.

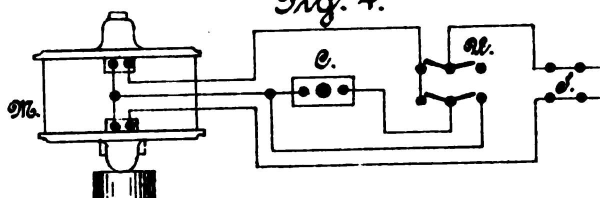
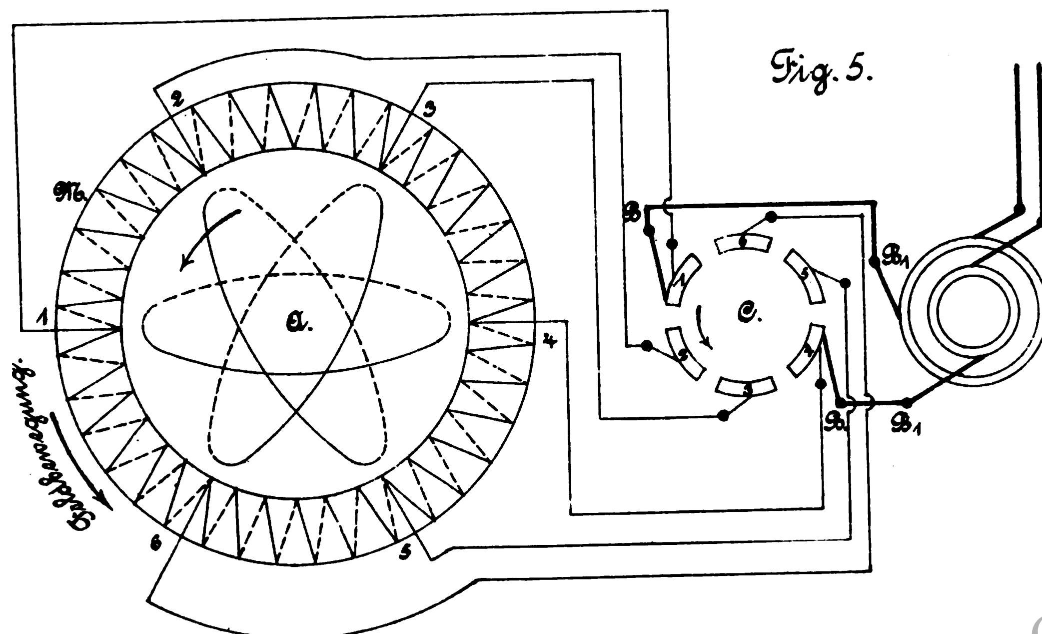


Fig. 5.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Fig. 1.

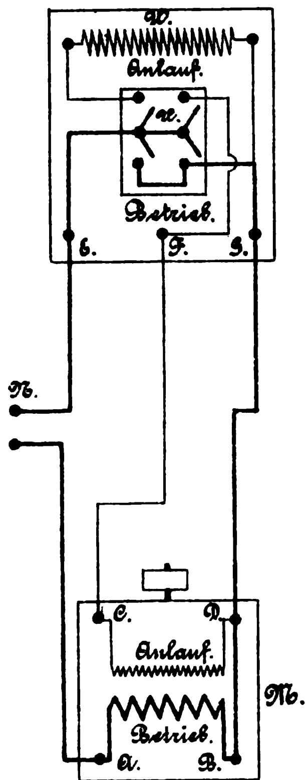


Fig. 2.

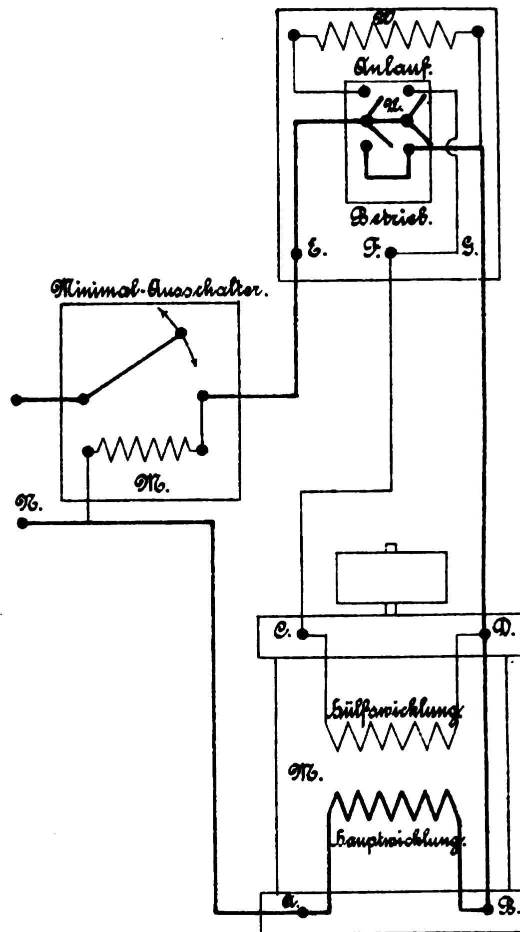


Fig. 3.

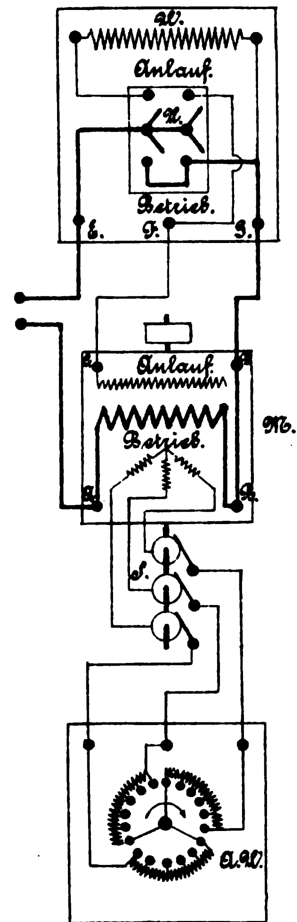


Fig. 4.

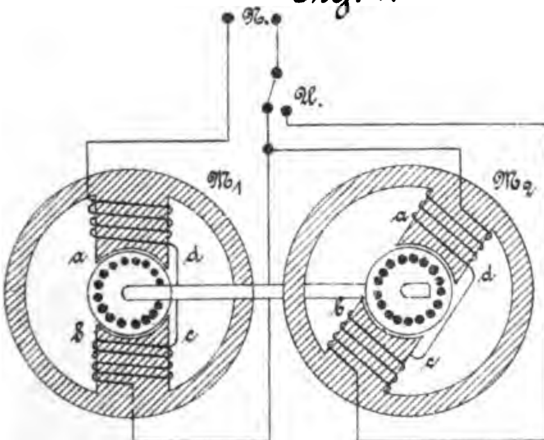


Fig. 4 a.

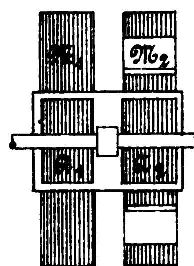
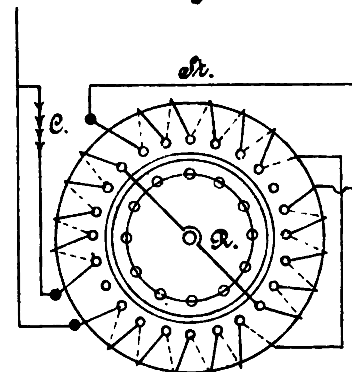


Fig. 5.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Fig. 1.

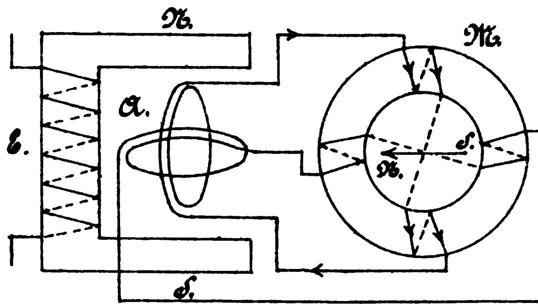


Fig. 2.

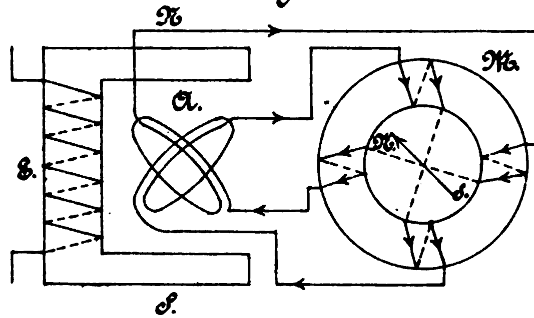


Fig. 3.

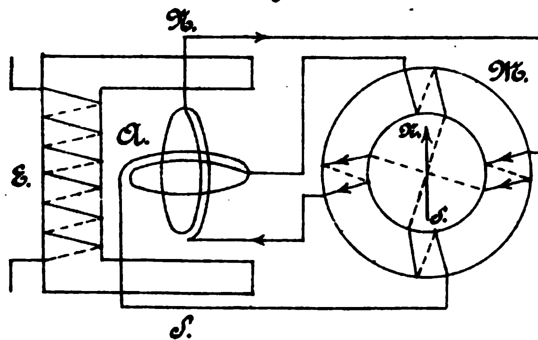


Fig. 4.

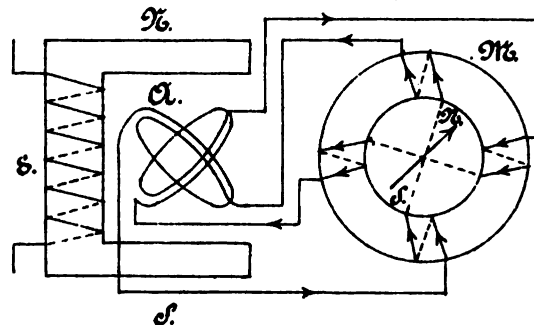


Fig. 5.

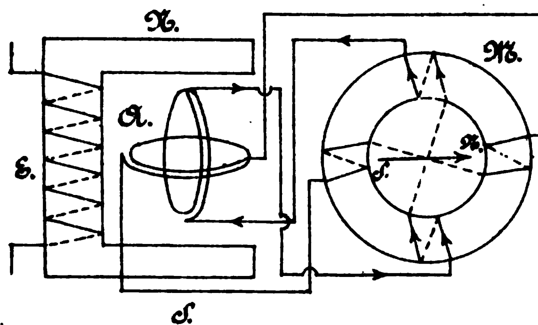


Fig. 6.

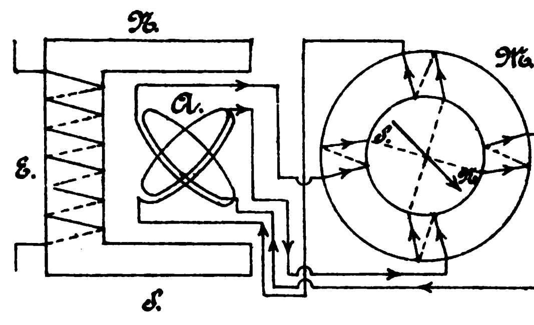


Fig. 7.

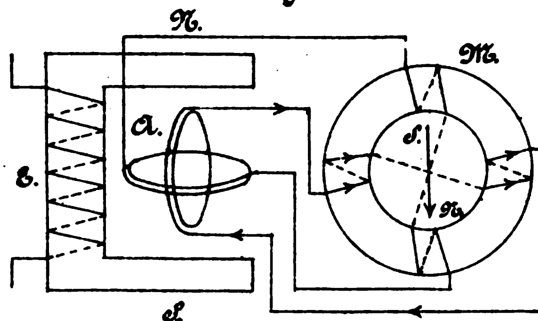
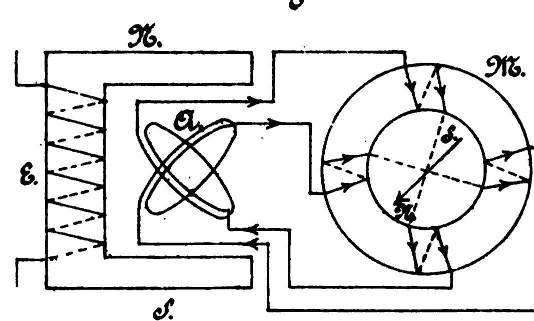


Fig. 8.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Fig. 1.

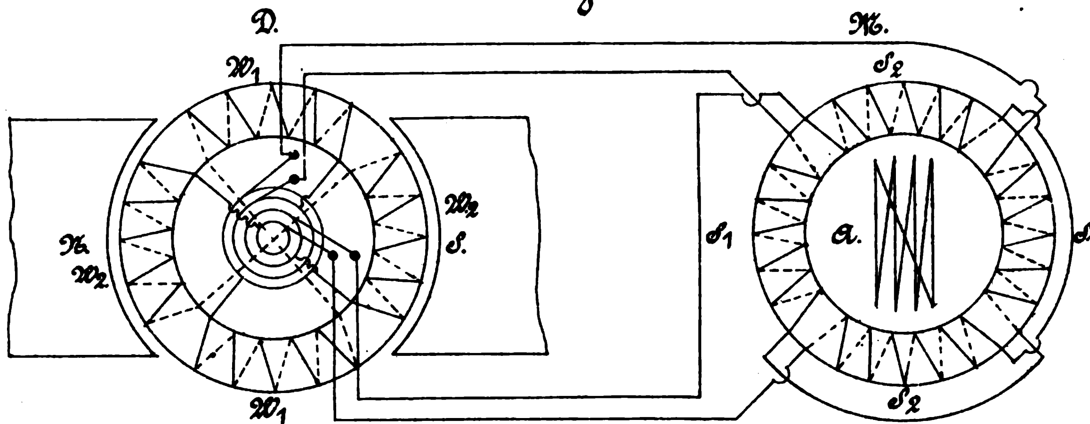


Fig. 2.

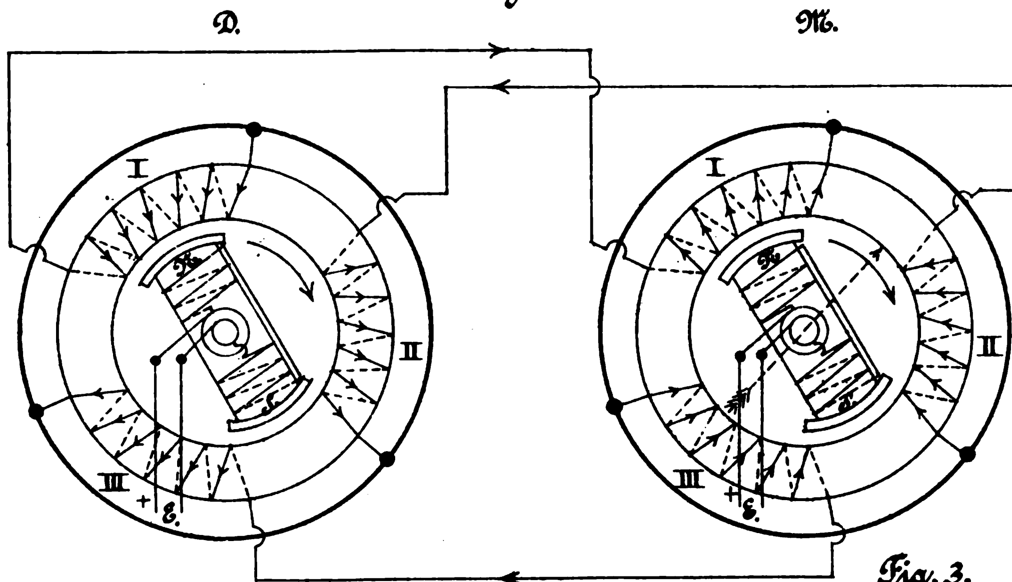
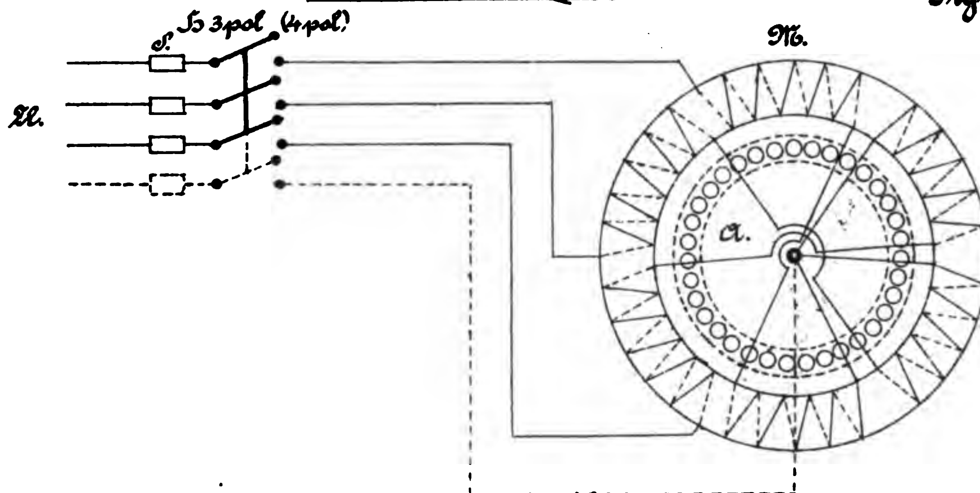


Fig. 3.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Fig. 1.

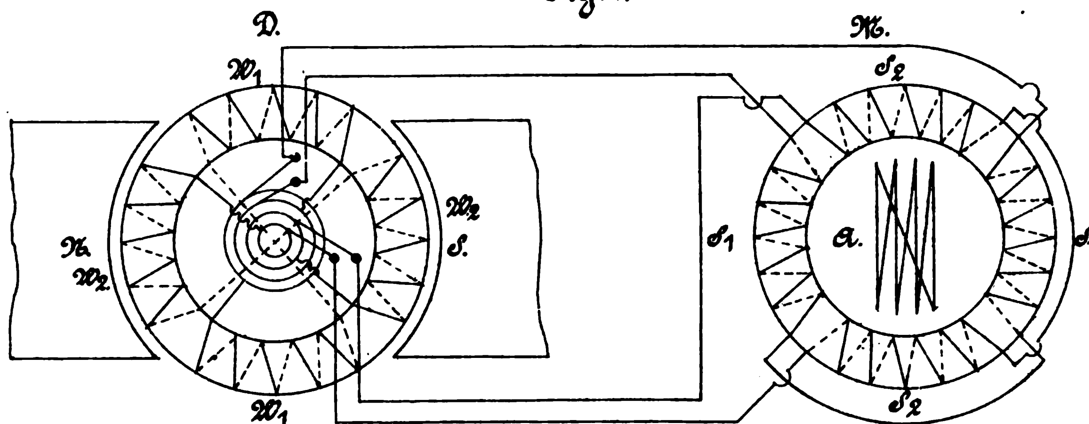


Fig. 2.

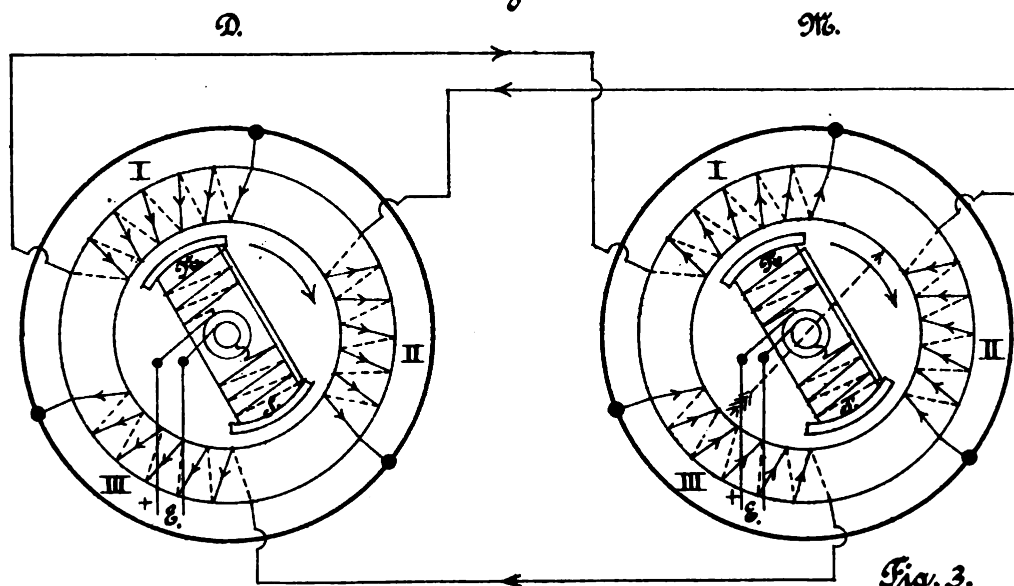
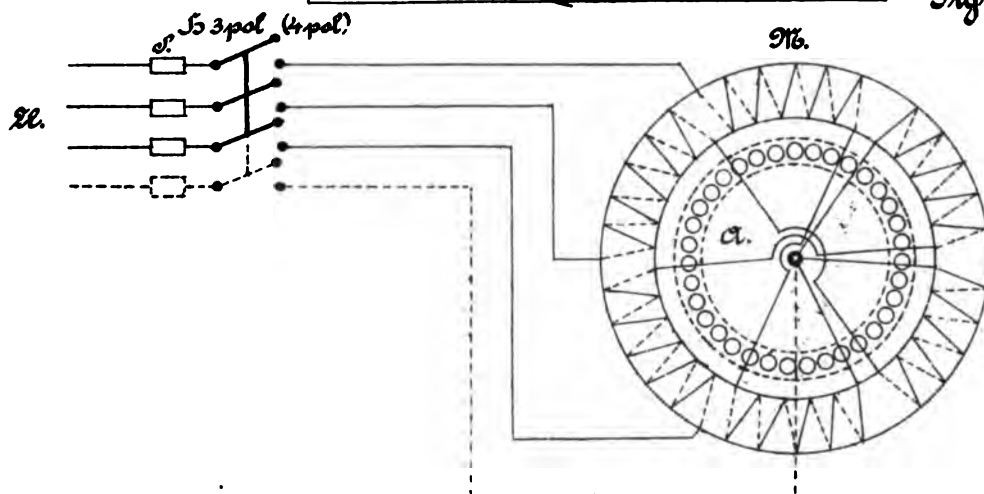
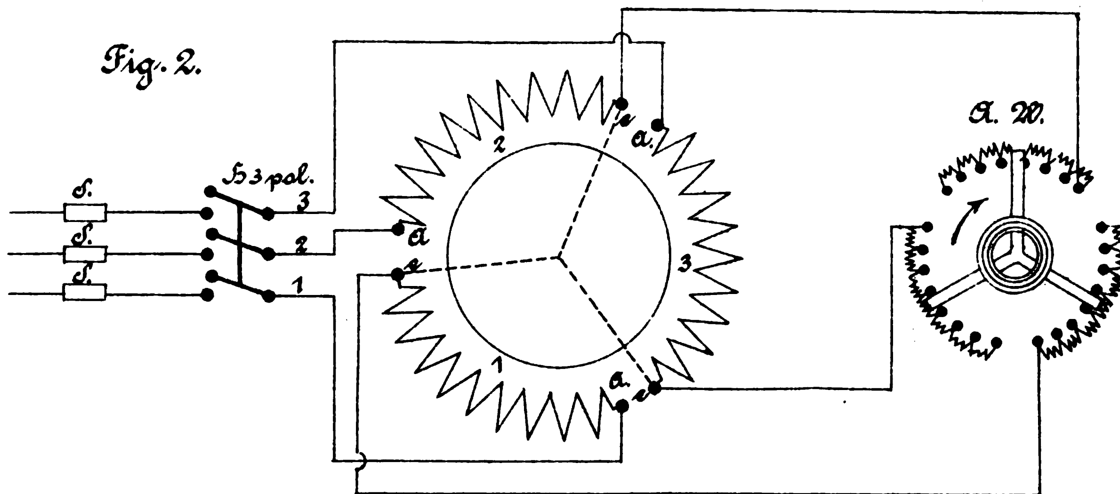


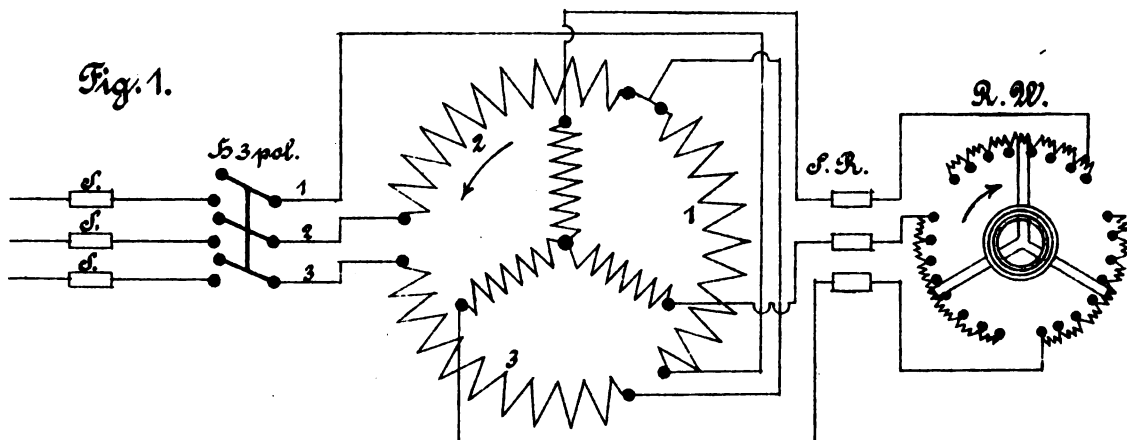
Fig. 3.

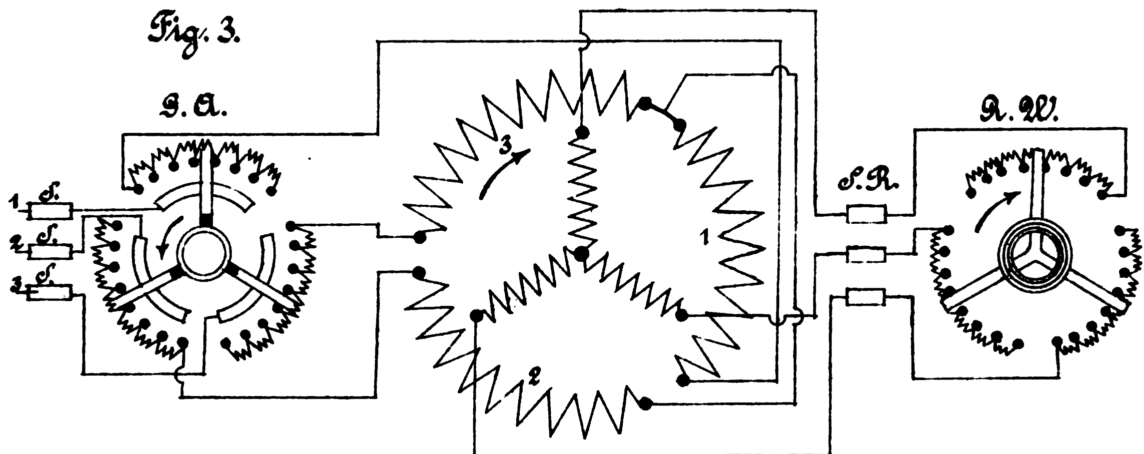


Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

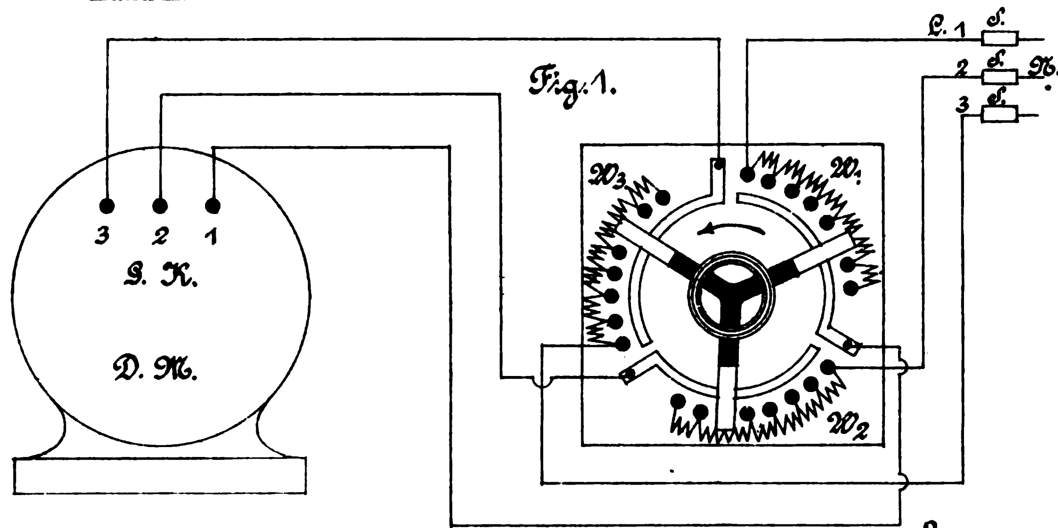


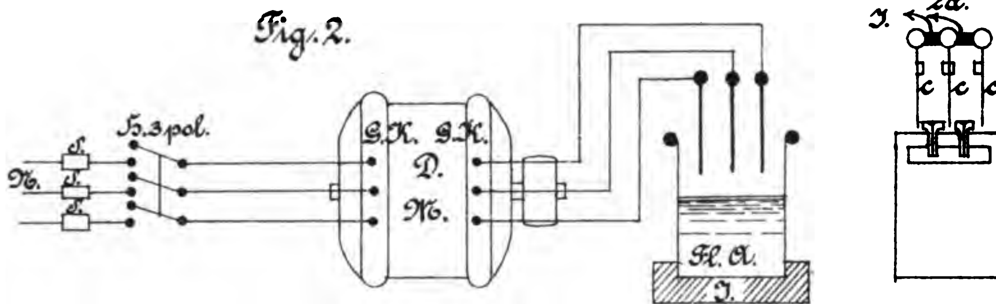


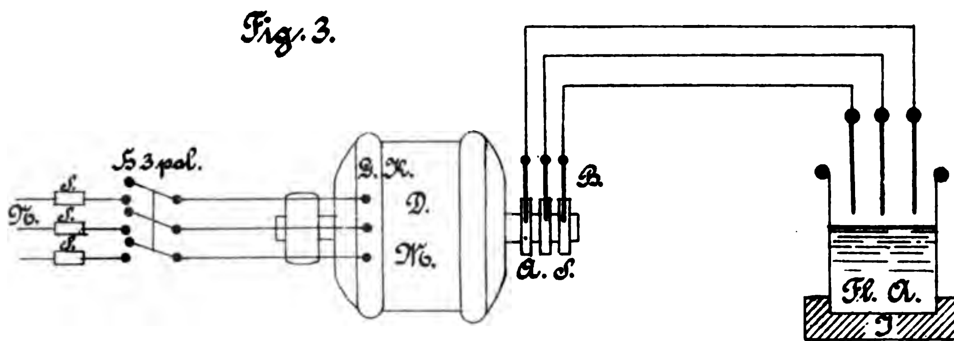


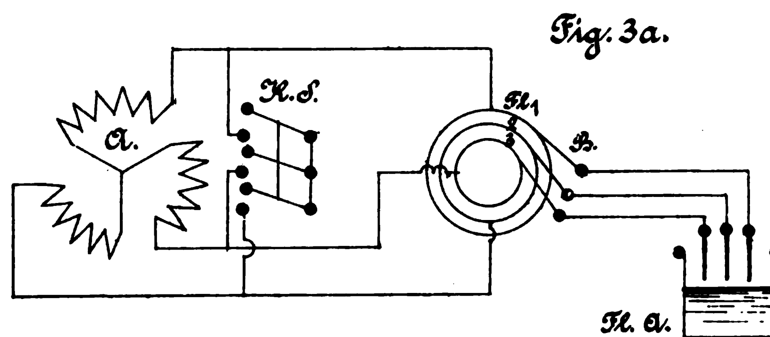
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.









Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Fig. 1.

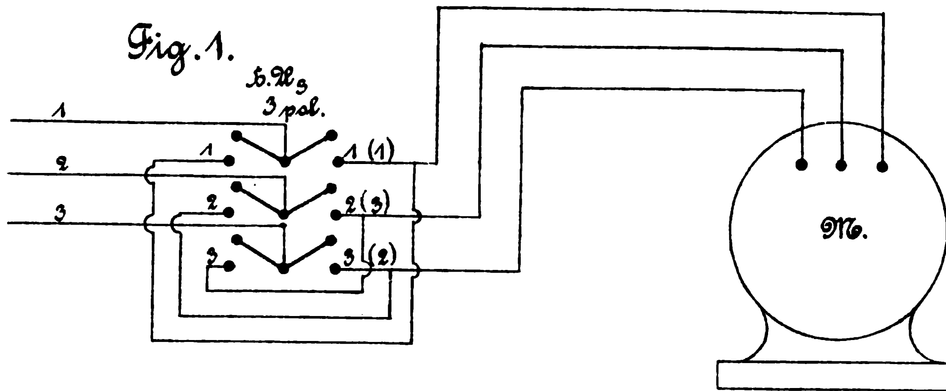


Fig. 2.

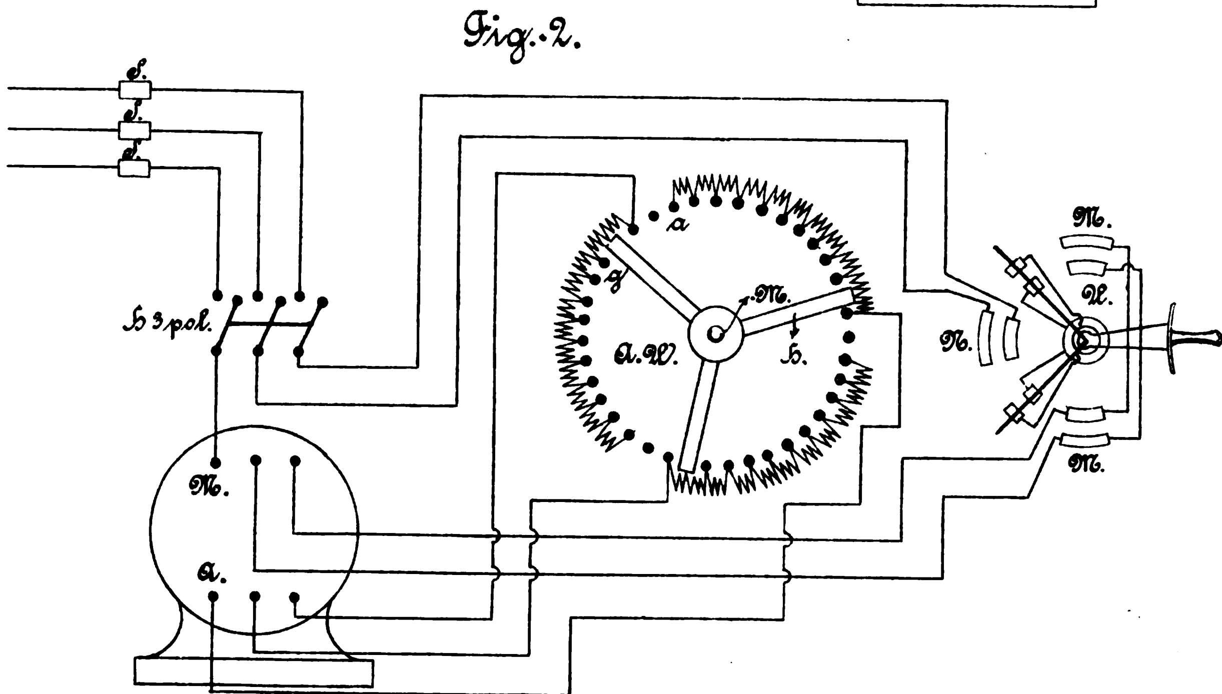
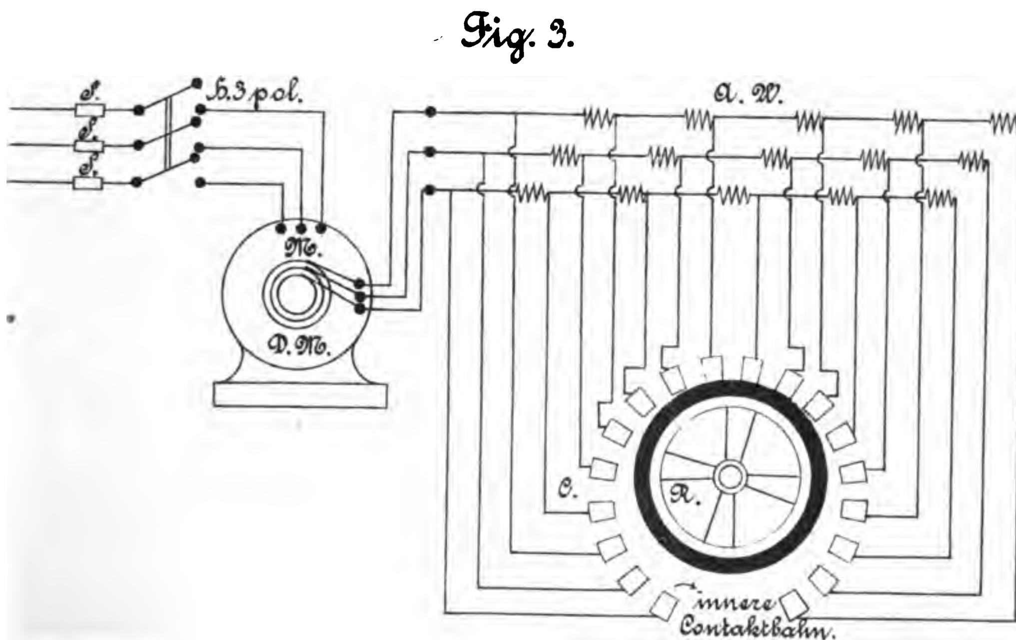
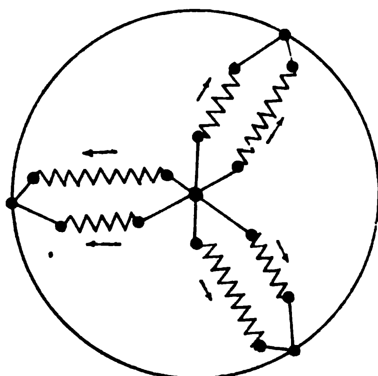


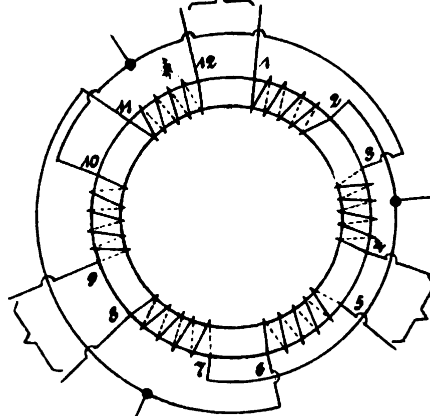
Fig. 3.

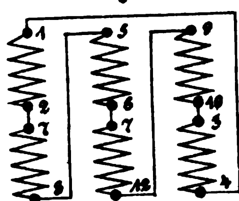


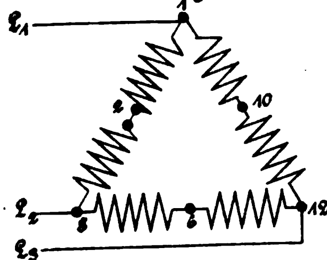
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

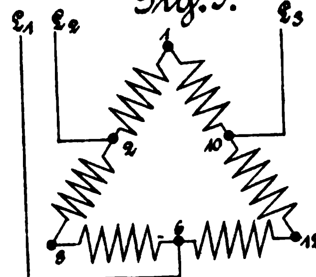
Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

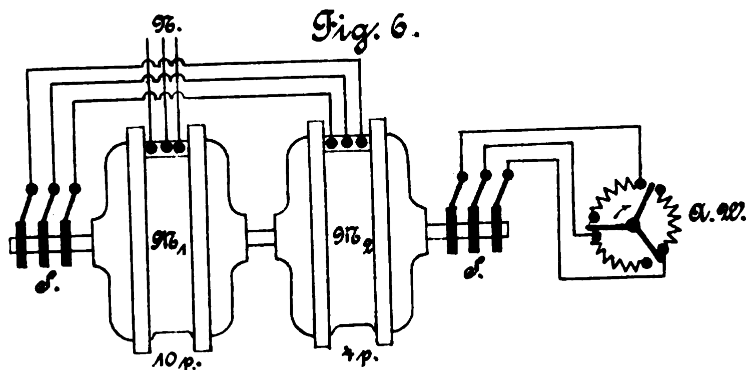

Fig. 1.


Fig. 2.


Fig. 3.


Fig. 4.


Fig. 5.


Fig. 6.

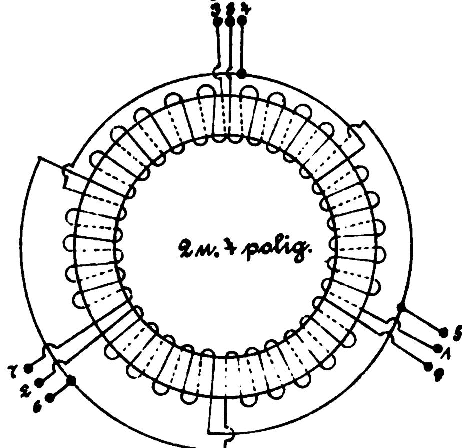


Fig. 7.

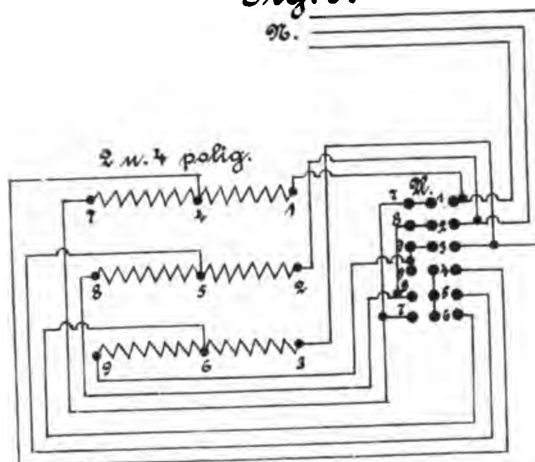


Fig. 8.

Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S
Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S W. 61

Fig. 1.

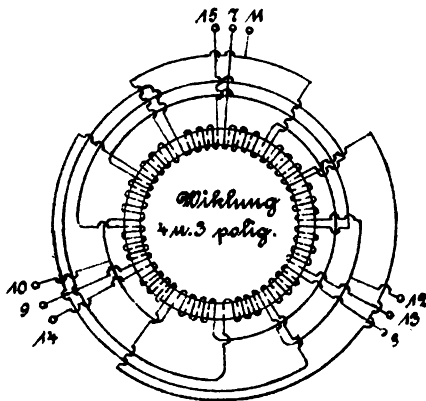


Fig. 2.

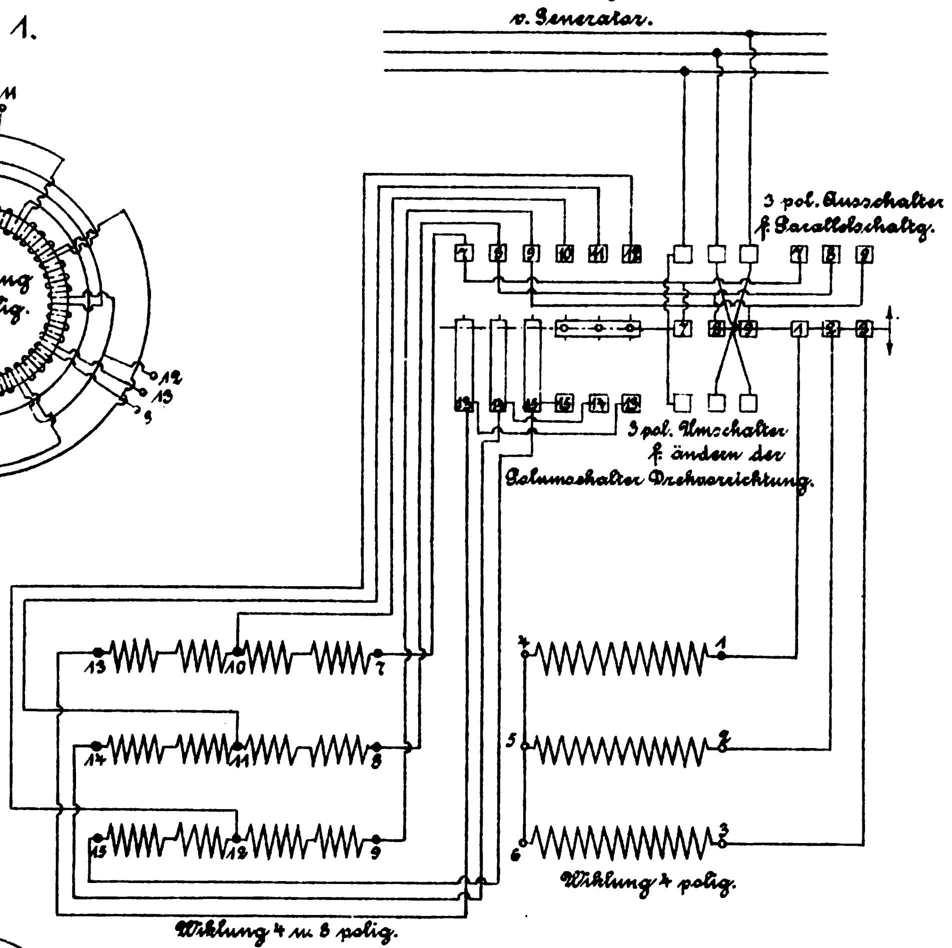


Fig. 3.

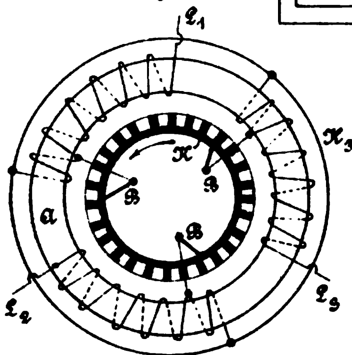


Fig. 5.

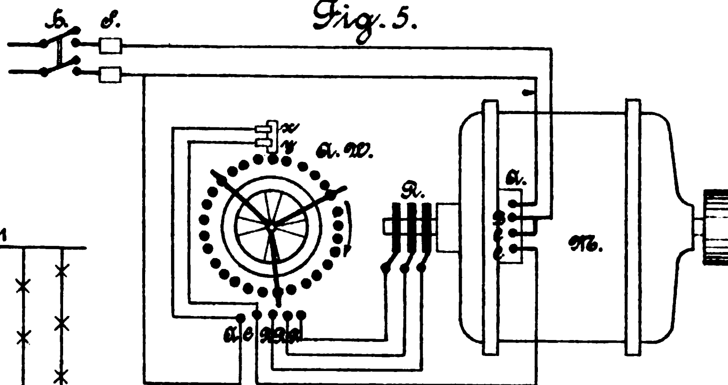
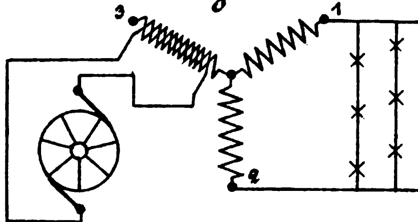


Fig. 4.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Fig. 1.

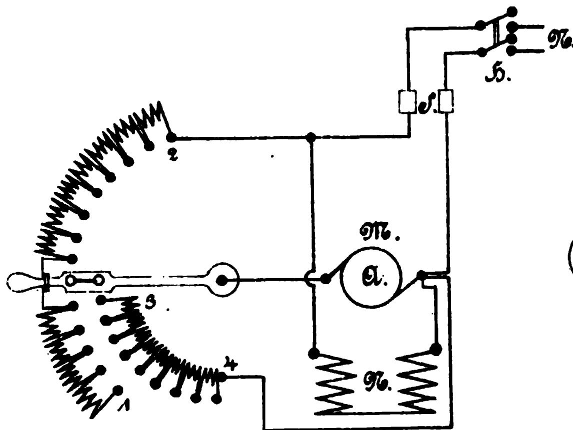


Fig. 2.

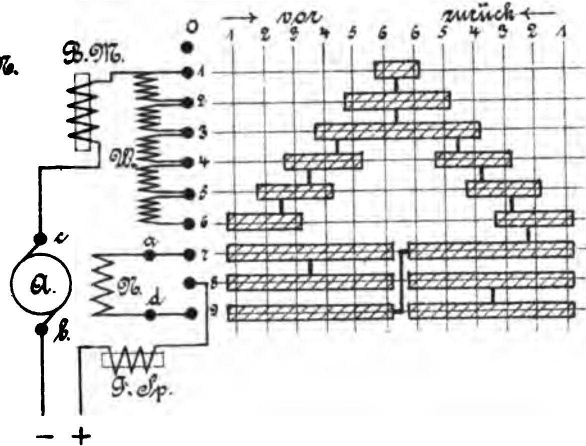


Fig. 3.

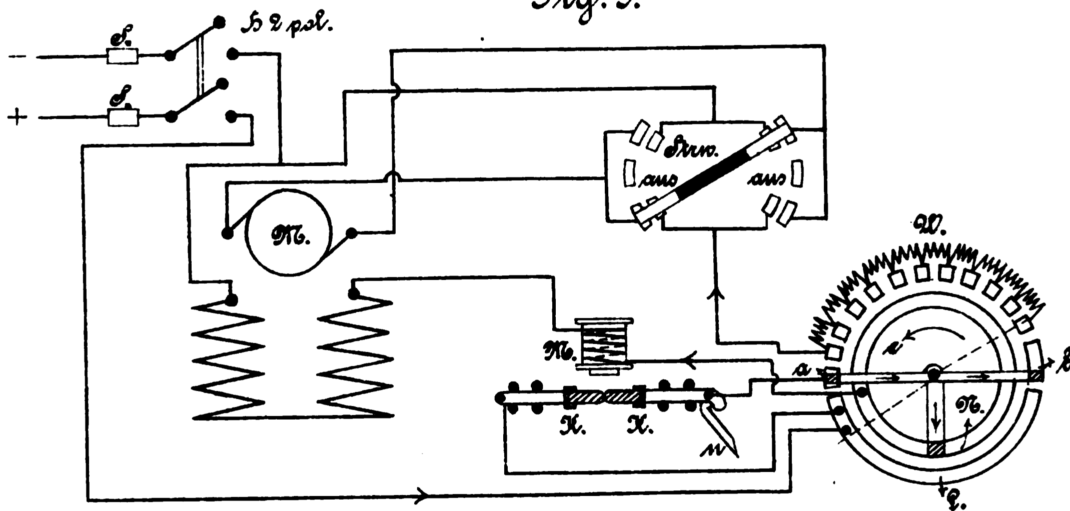
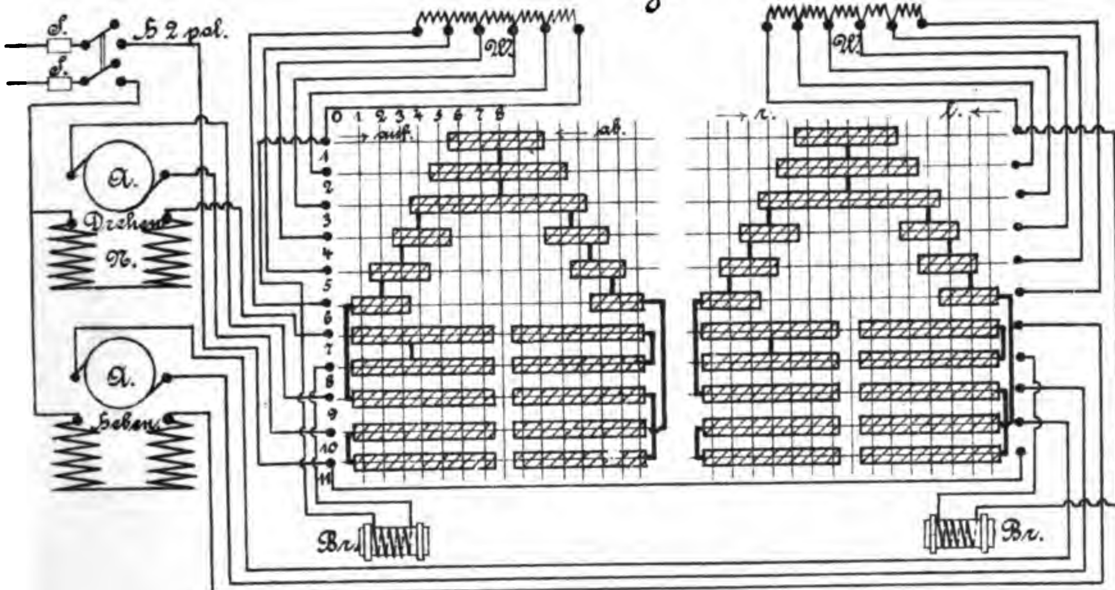


Fig. 4.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Fig. 1.

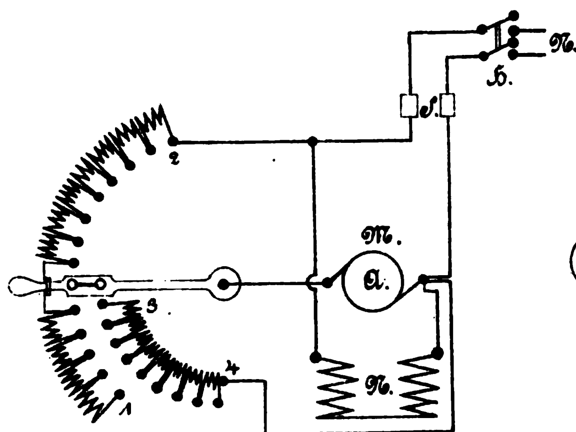


Fig. 2.

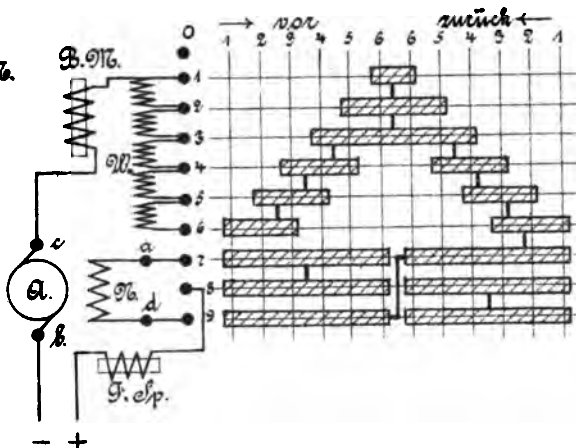


Fig. 3.

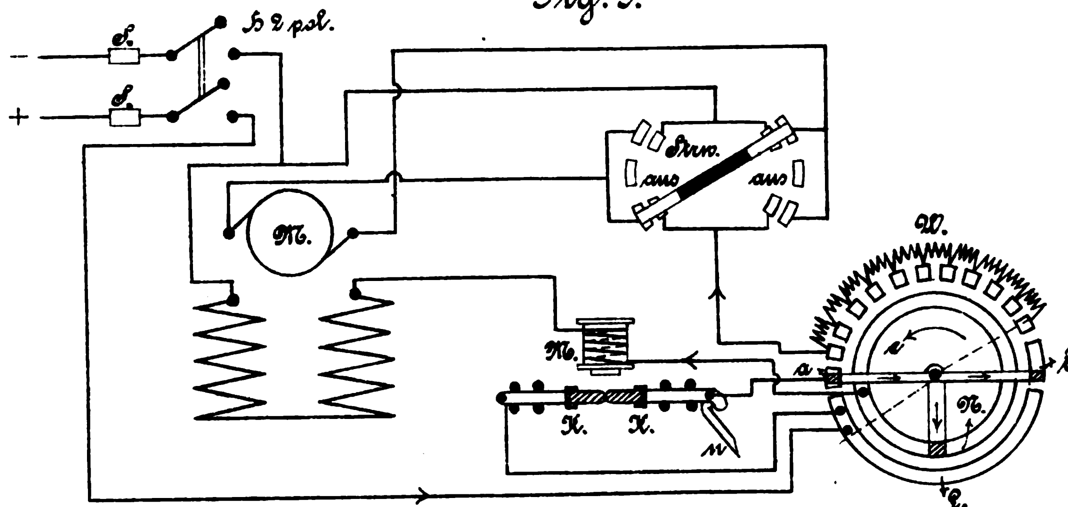
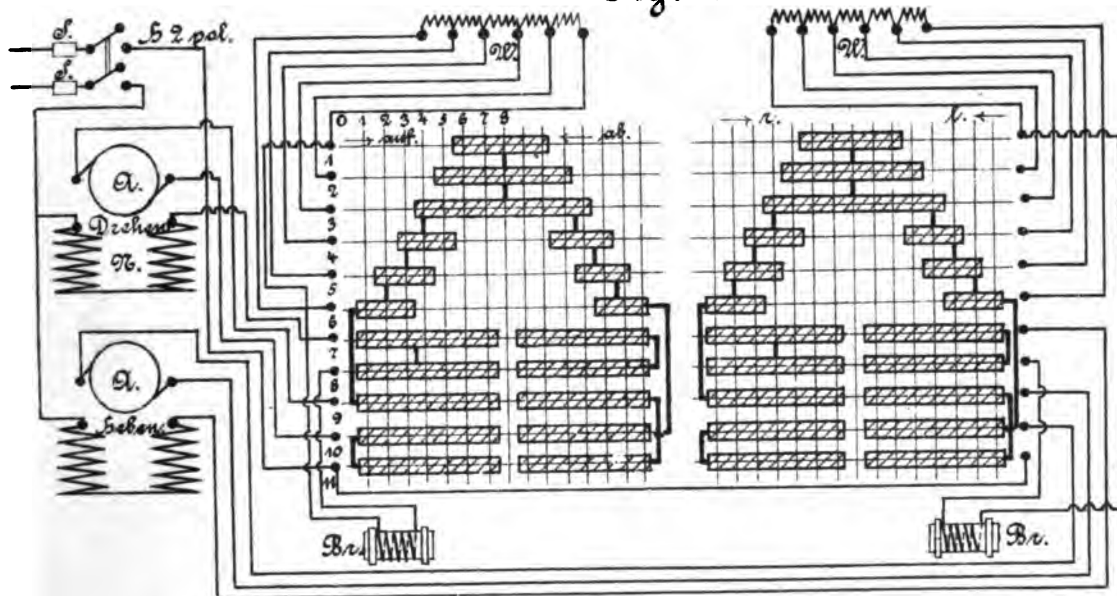
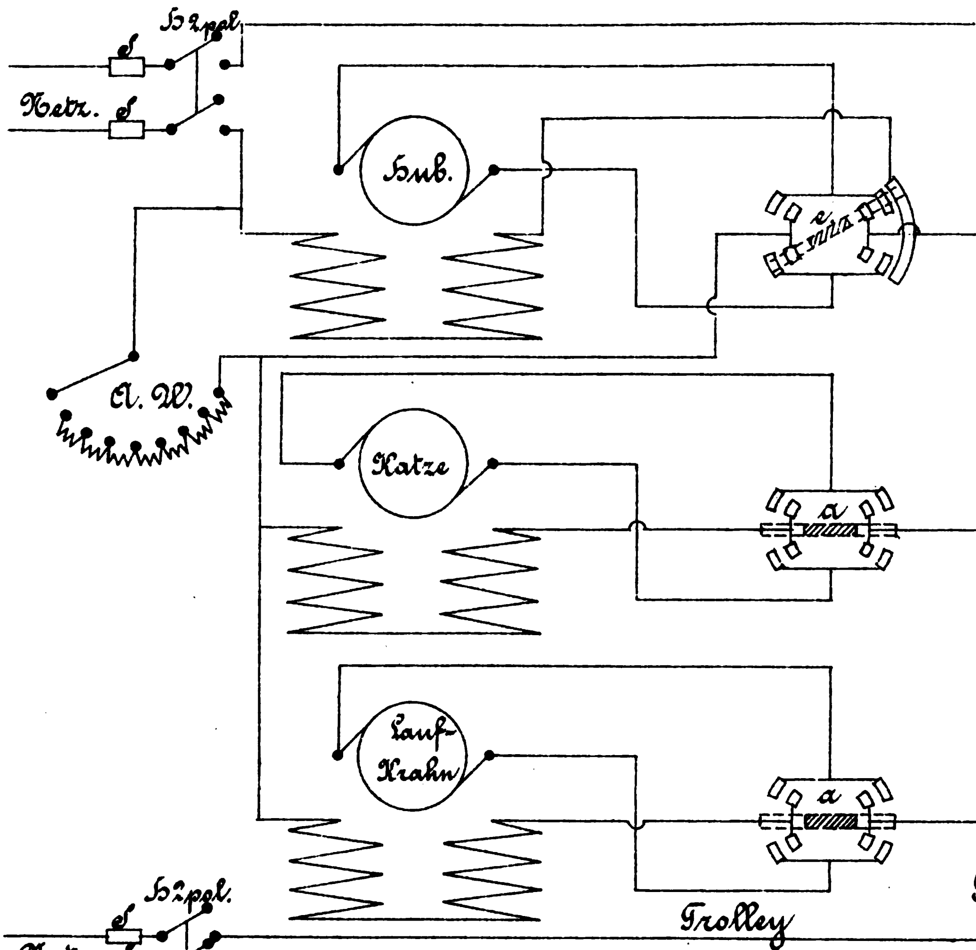


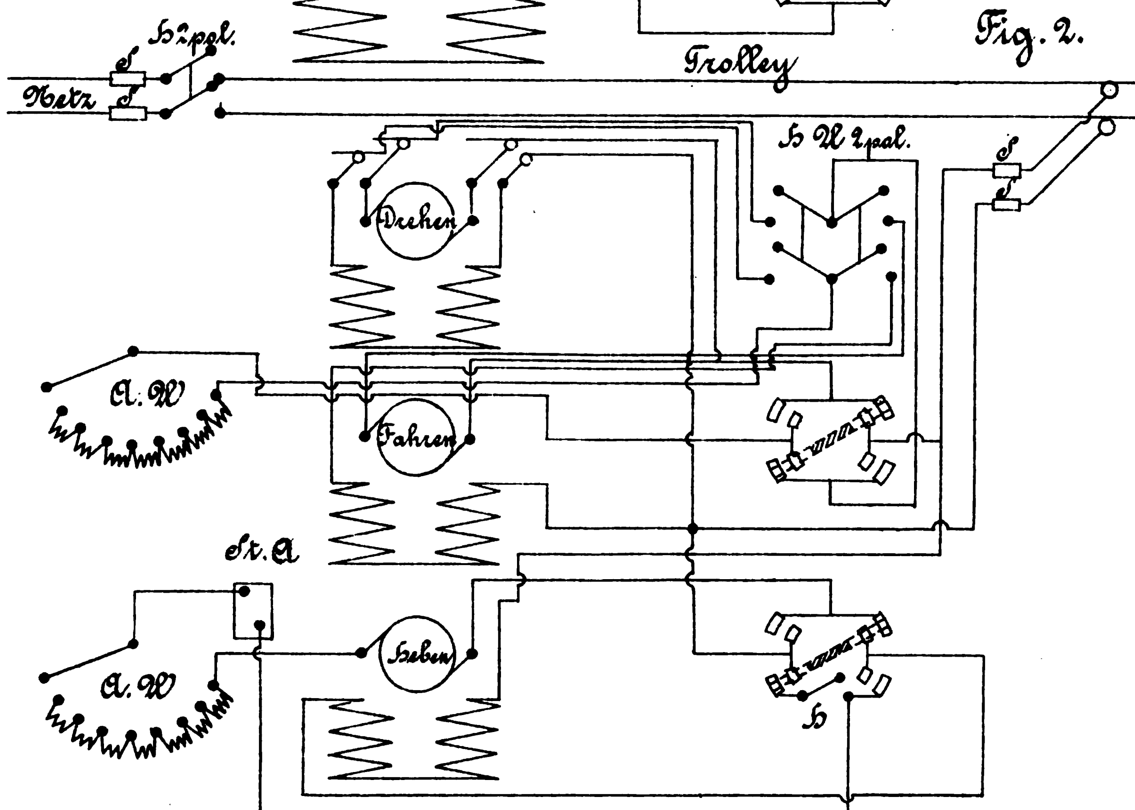
Fig. 4.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

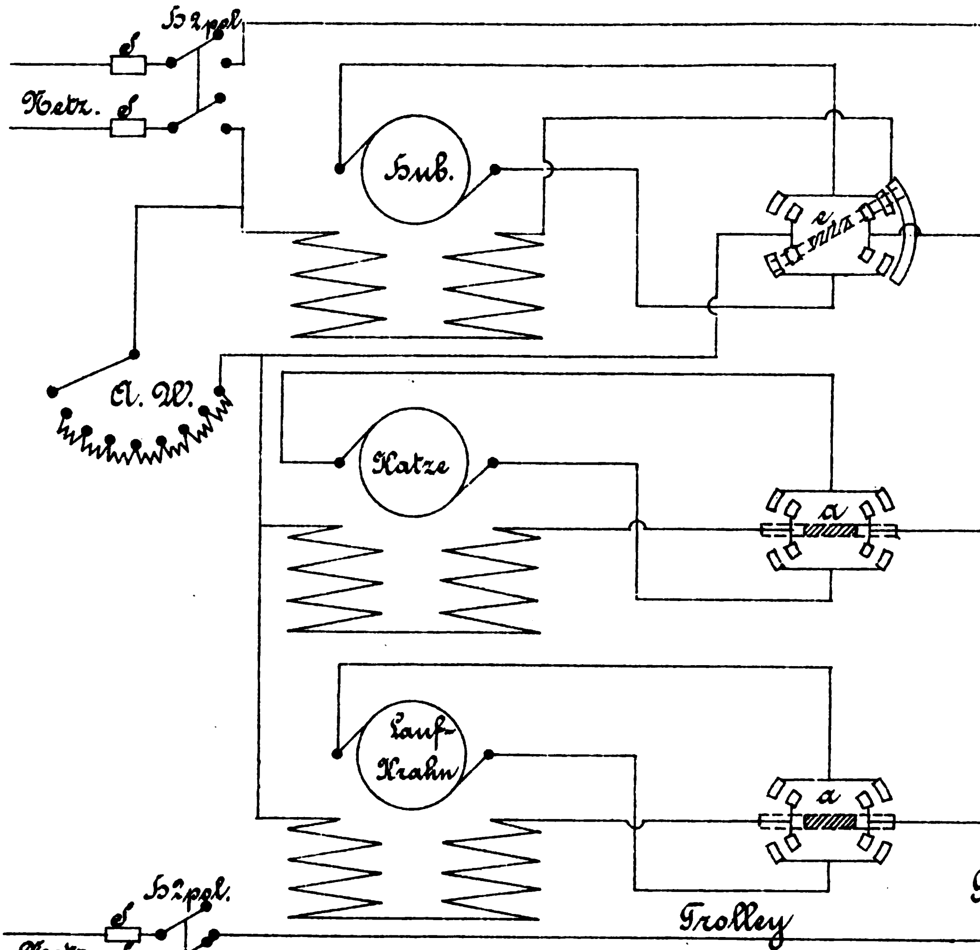
Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

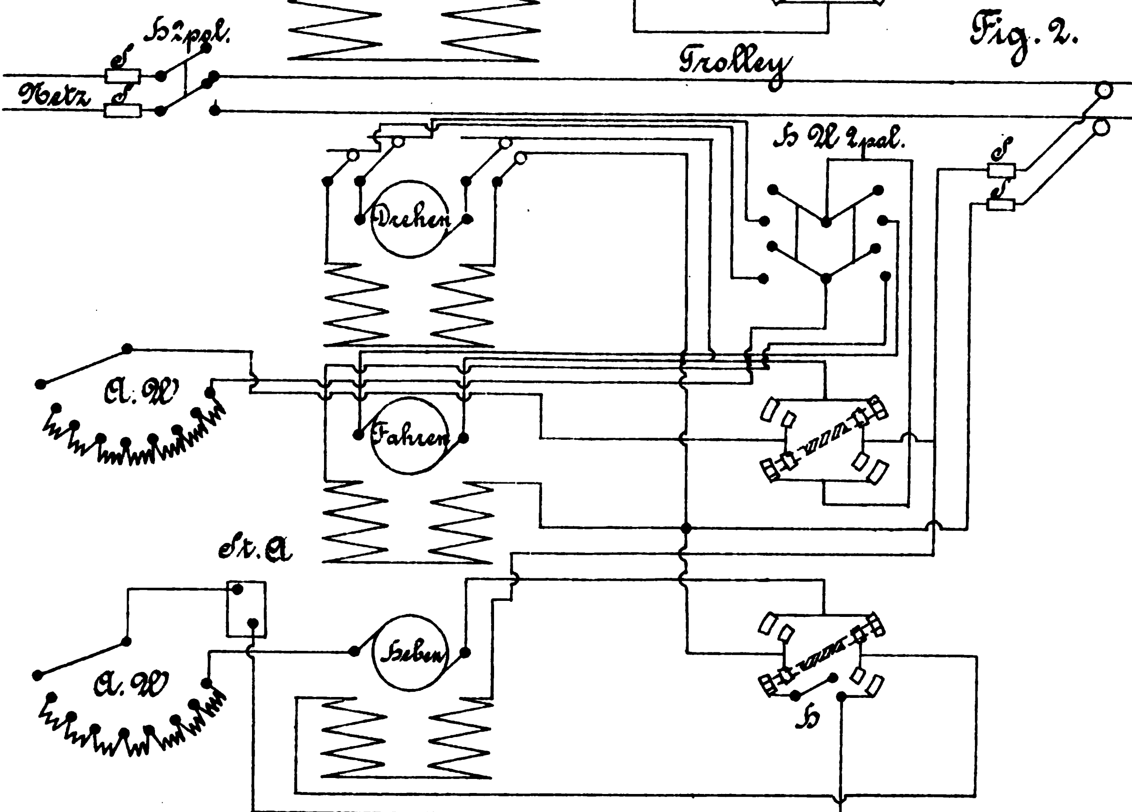




Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

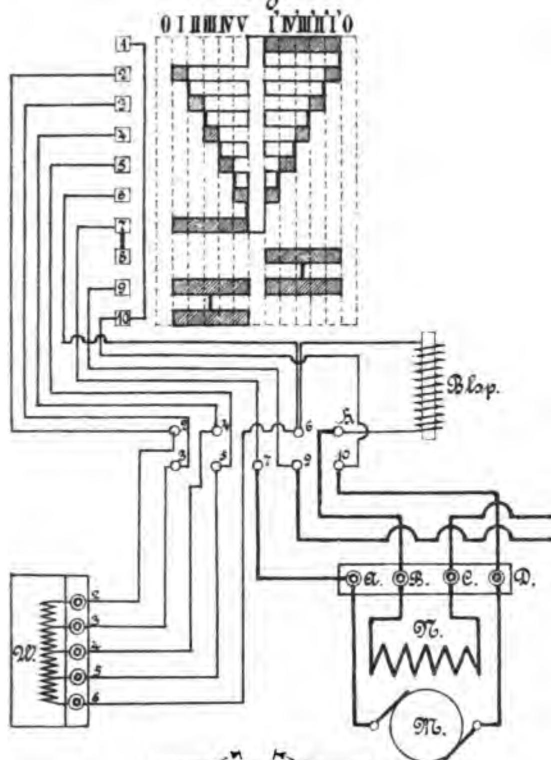
Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

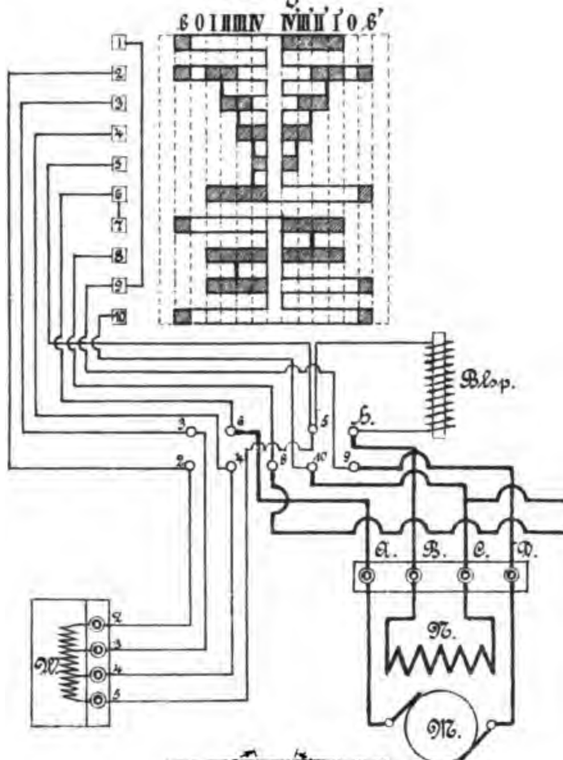


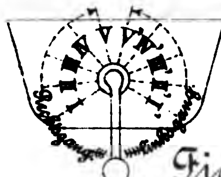


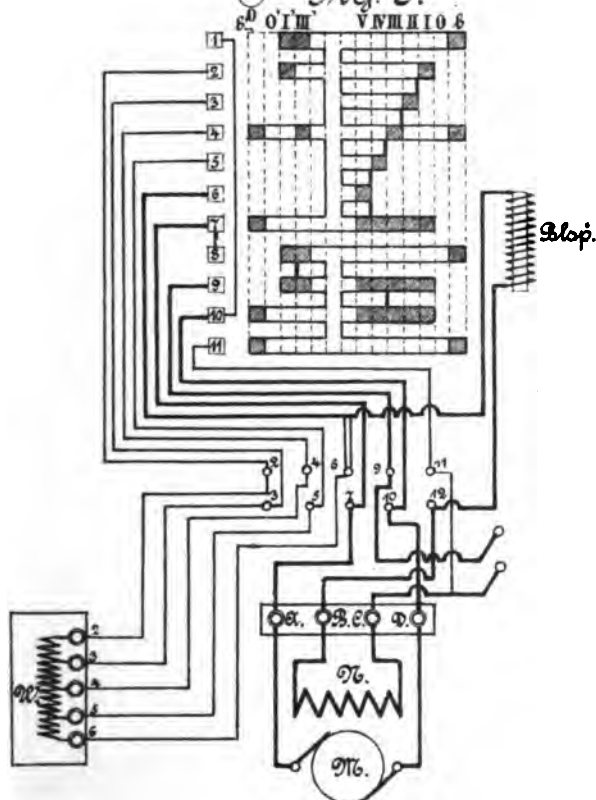
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

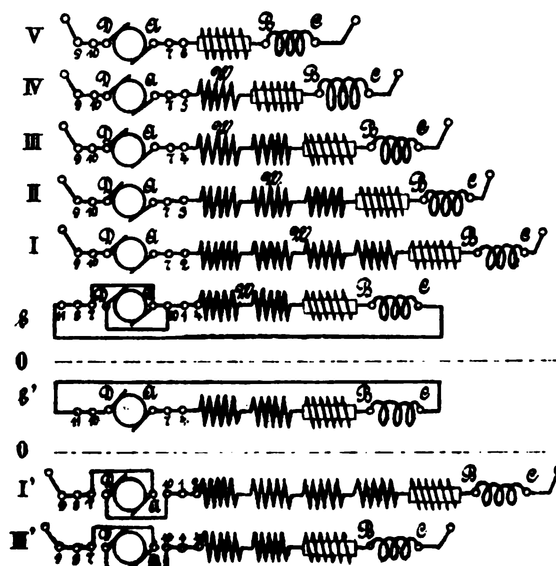
Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.





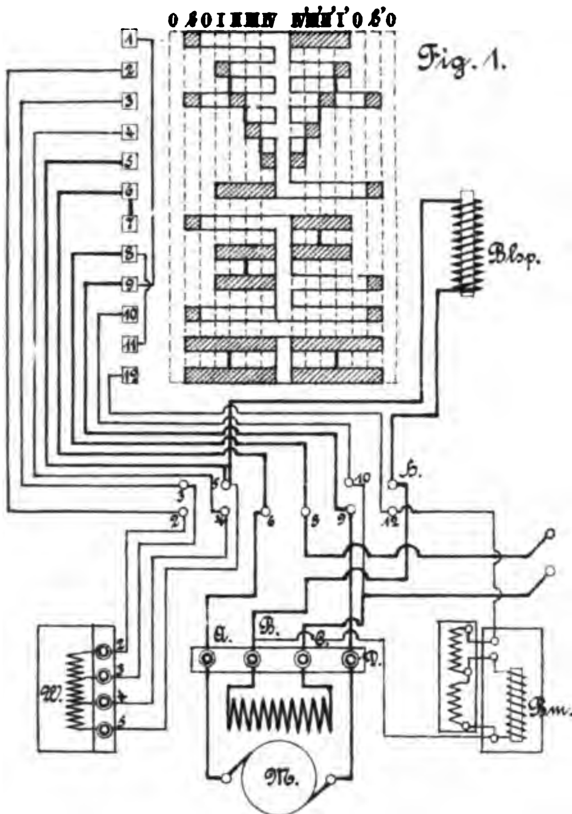


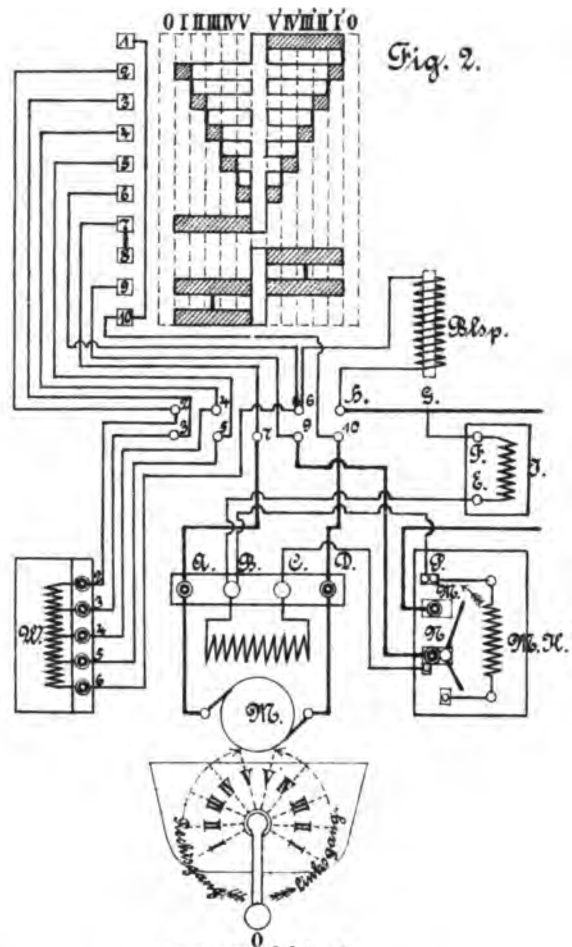


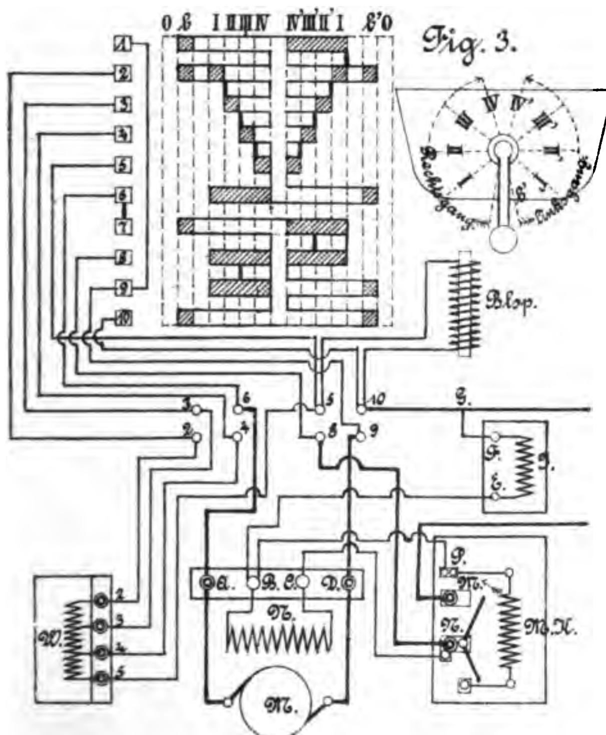


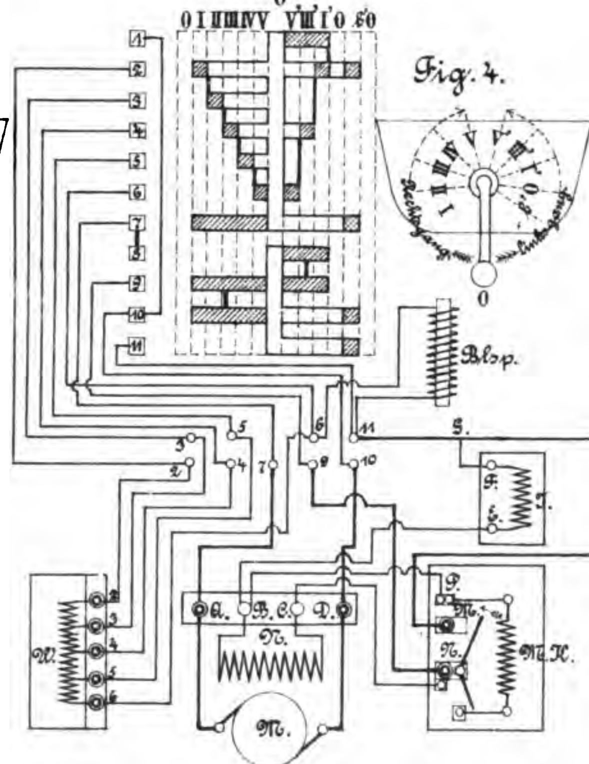
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.





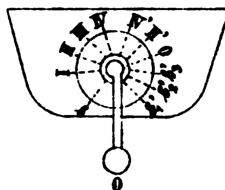




Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung. Berlin S.W. 61.

Fig. 1.



Die mit x bezeichneten leeren Felder dienen zum Regulieren des Kontaktes „b".

Fig. 2.

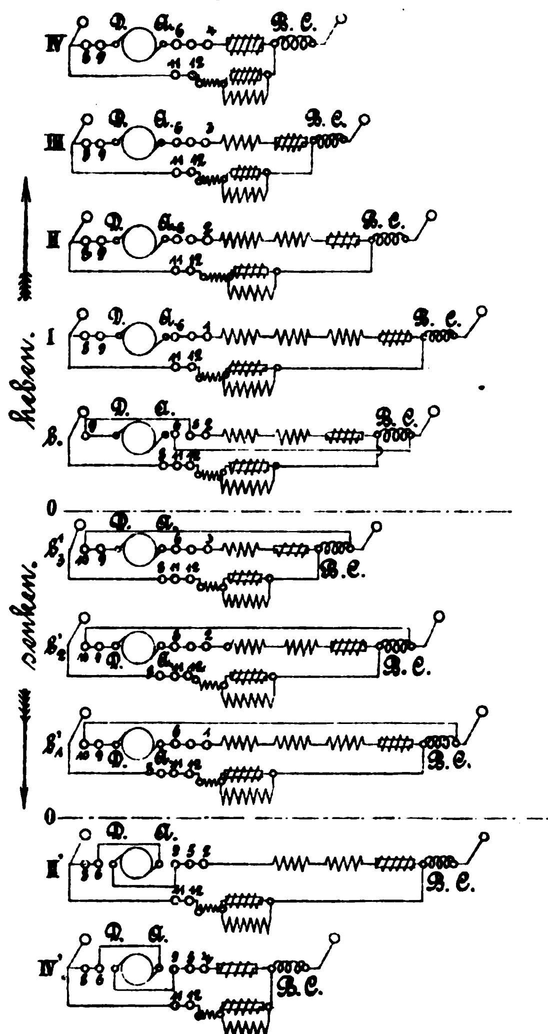
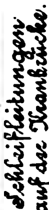


Fig. 3.

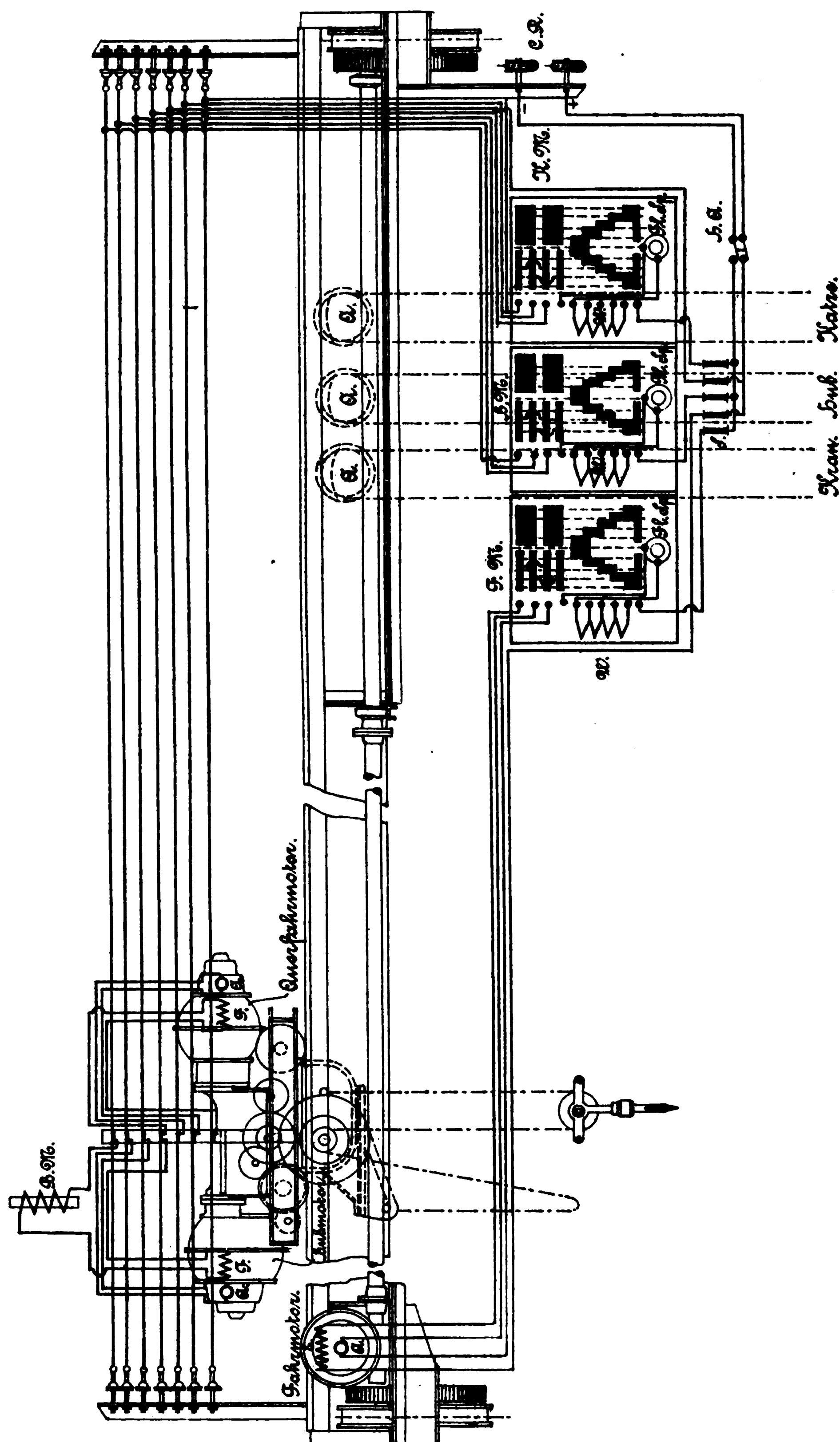
A Kontroller für den Hubmotor I.
B " " " " II.
C " " " Katzenfahrmotor
D " " " Kranfahrmotor

Kranfahrmotor. Katzenfahrmotor. Hubmotoren.



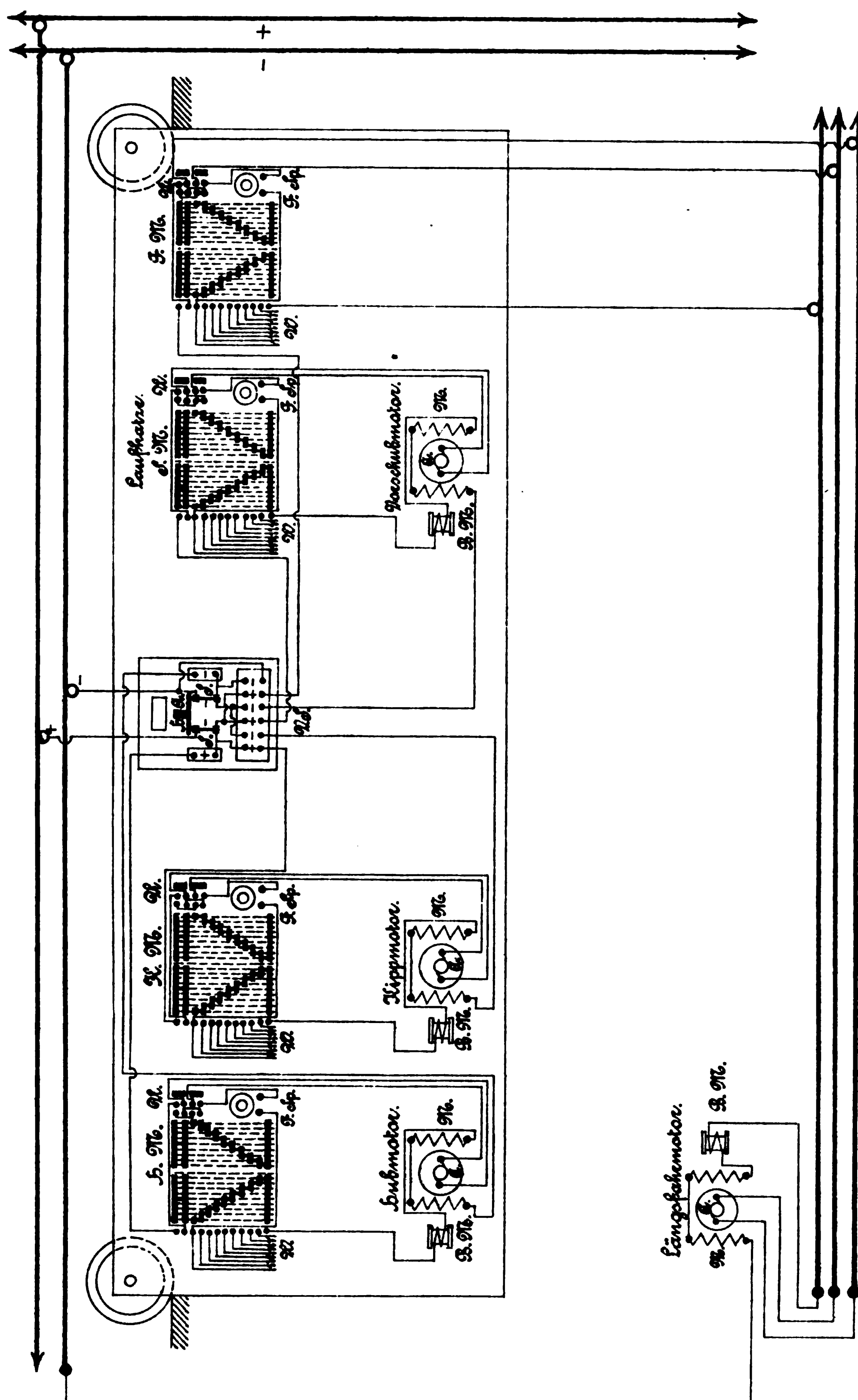
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Fig. 1.

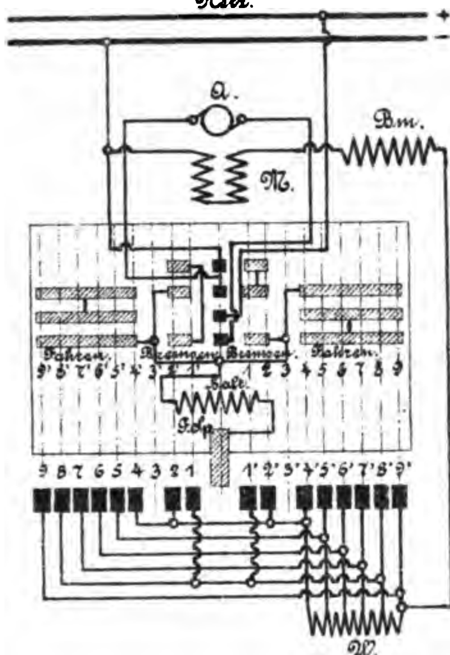


Fig. 2.

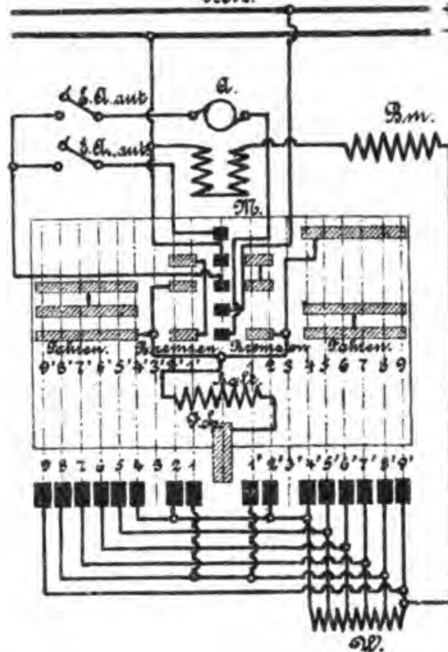


Fig. 3.

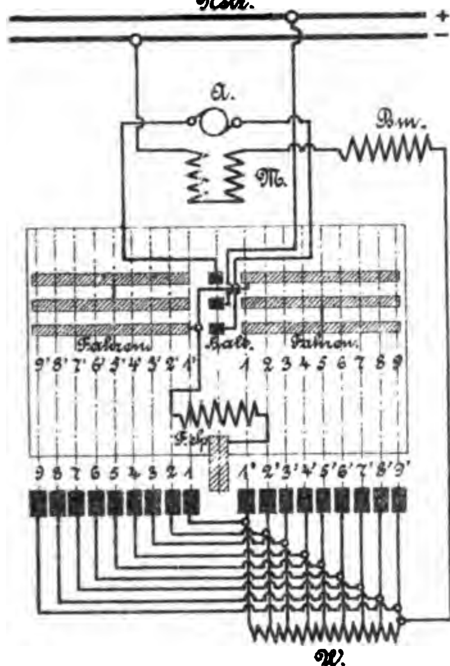
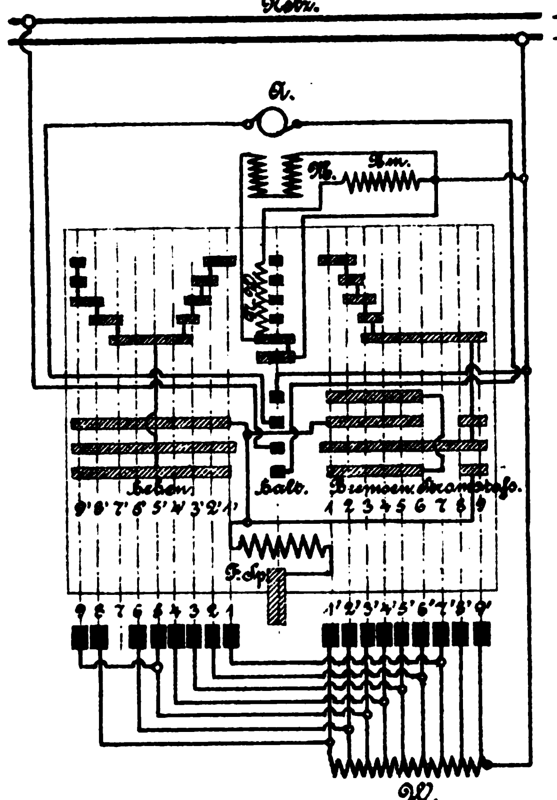


Fig. 4.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Netz

Trolley

S

Fig. 1.

Fahren

H.W1

Contactleitung.

H.W2

H.W3

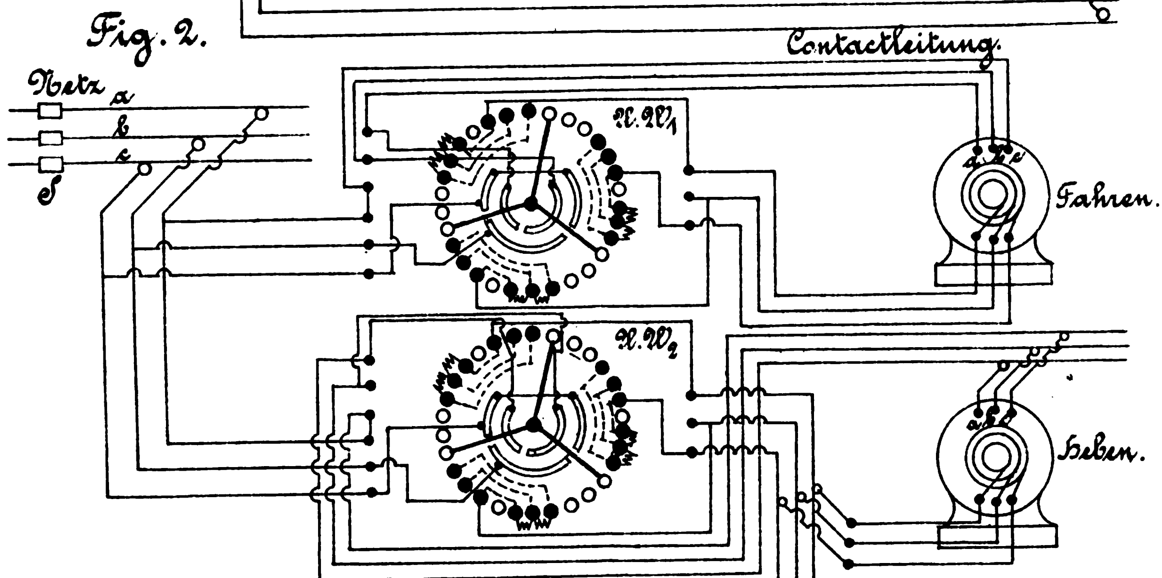
A.W1

A.W2

Hub

L. Katze

Fig. 2.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung. Berlin S.W. 61.

Fig. 1.

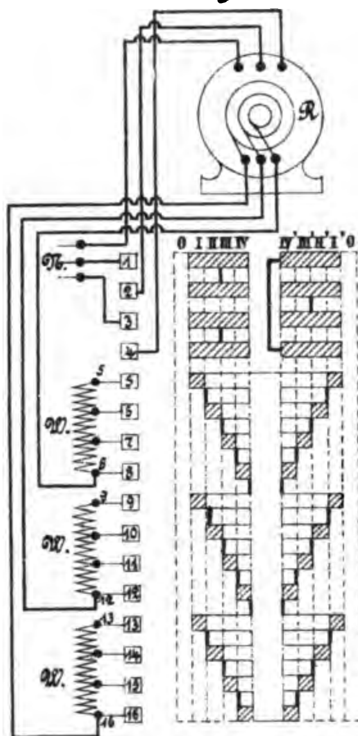


Fig. 2.

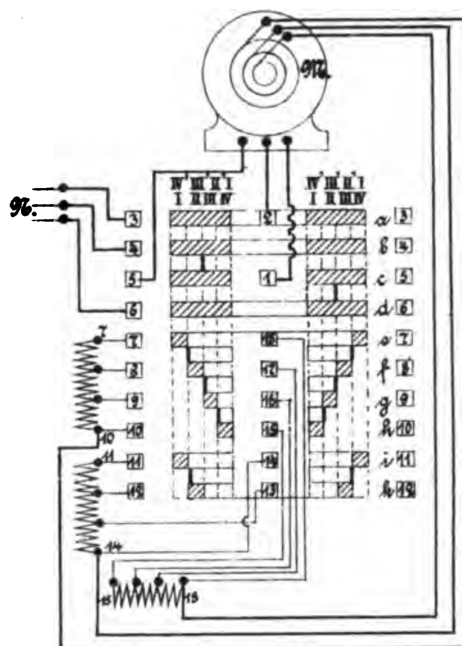


Fig. 3.

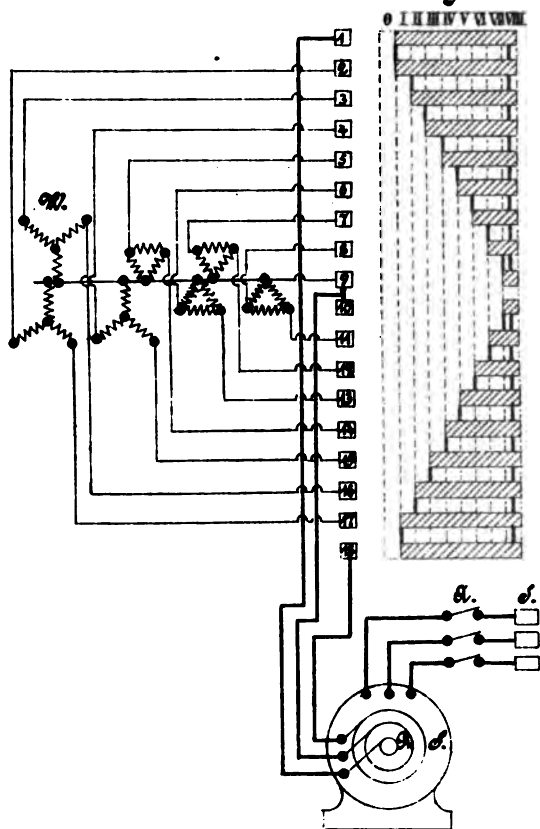
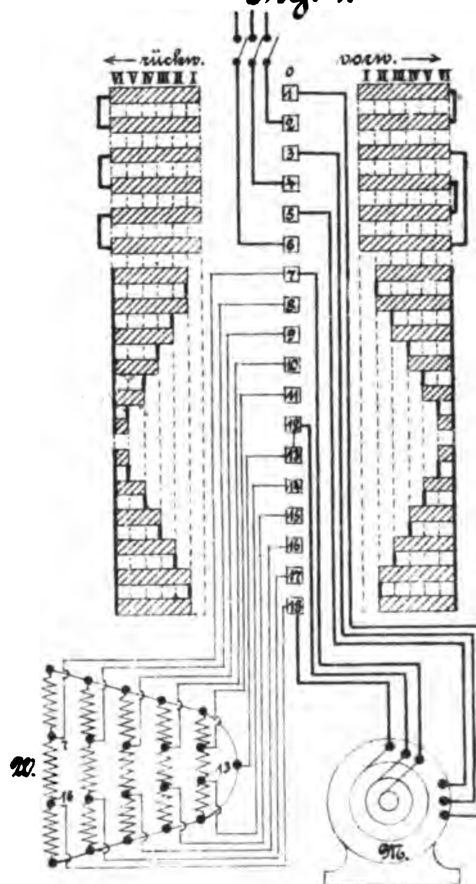
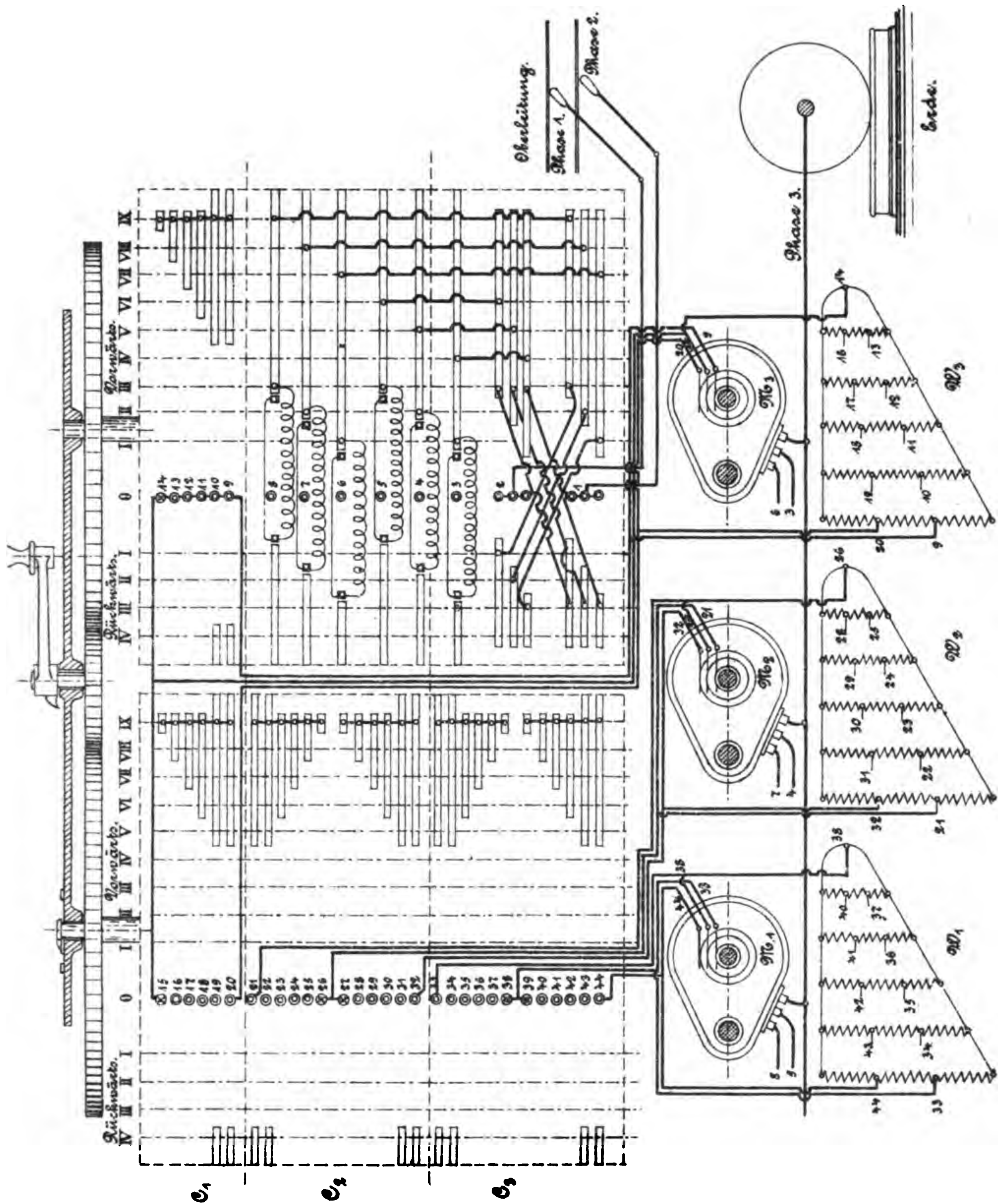


Fig. 4.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

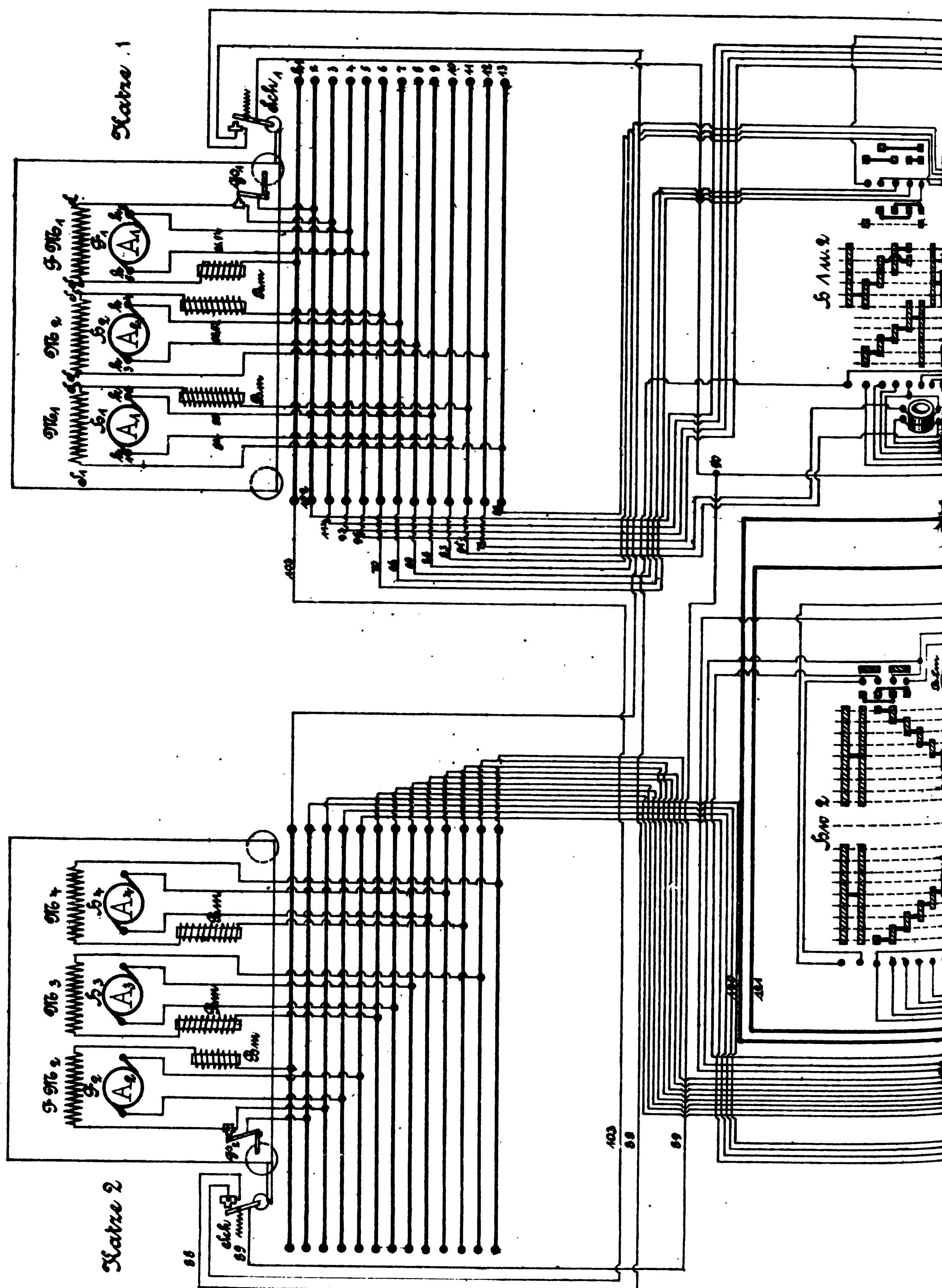
Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



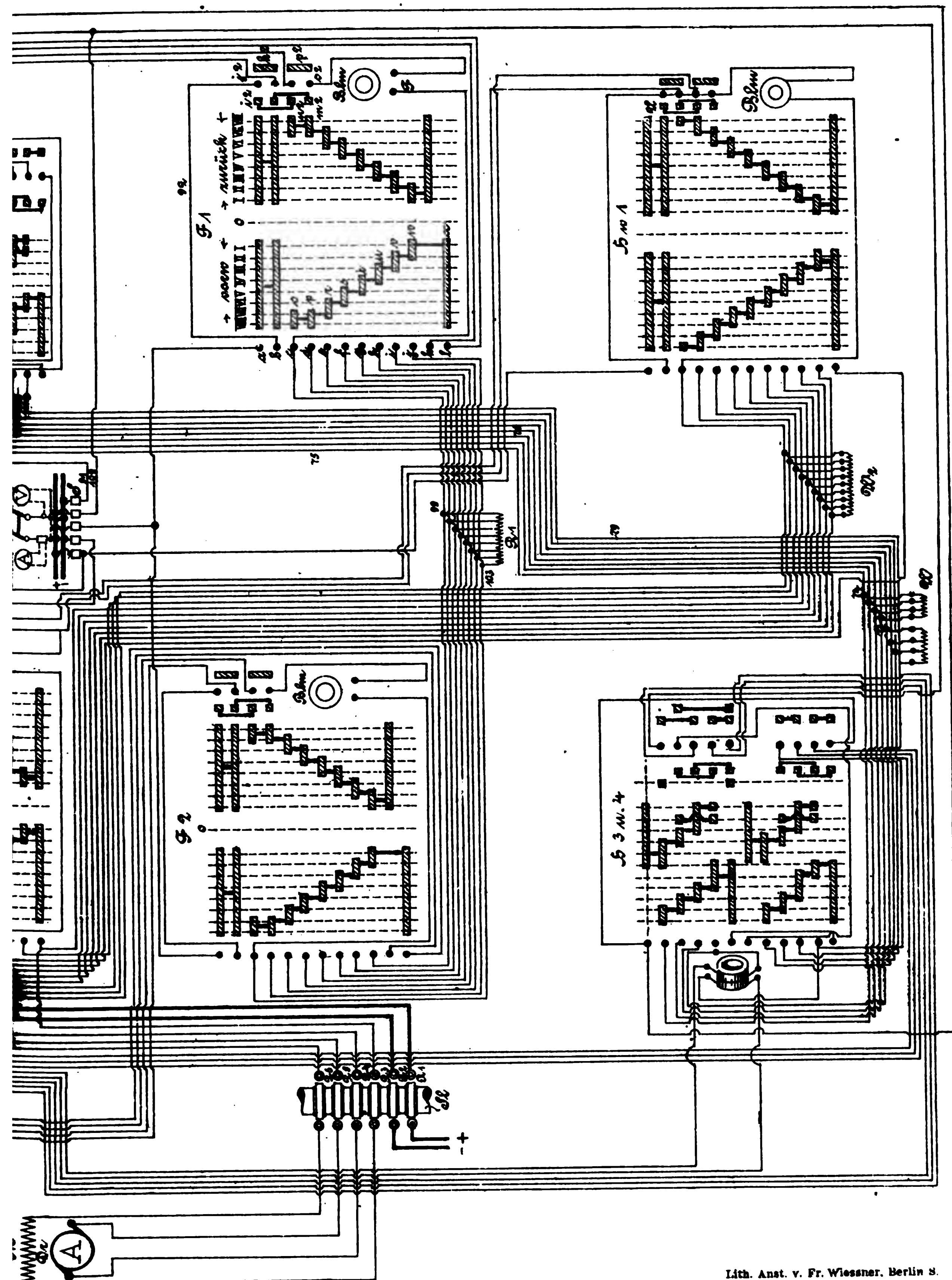
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Hirschfeld, Handbuch.
Band II.



Verlag von Louis Marcus W



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

…chhandlung, Berlin S.W. 61.

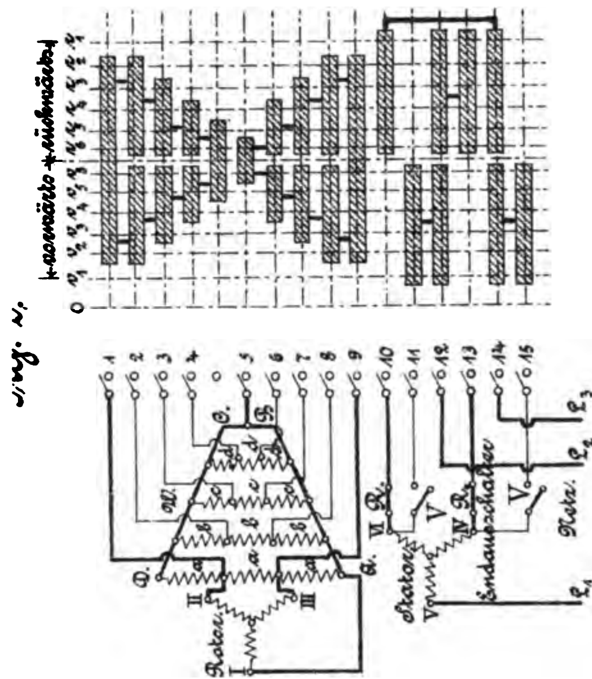


Fig. 2.

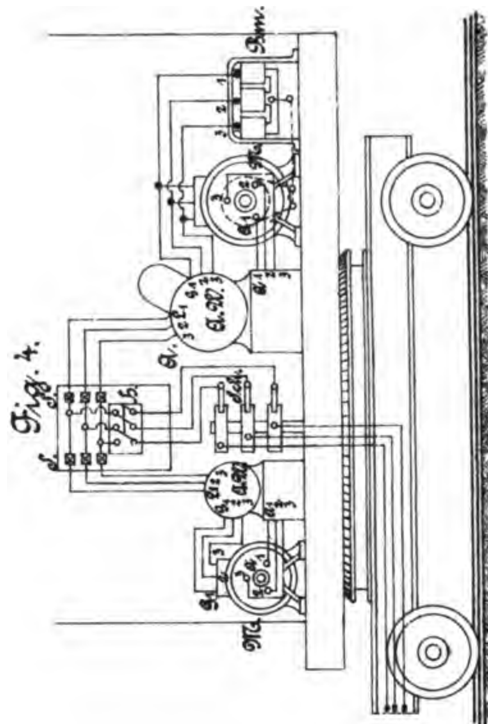


Fig. 4.

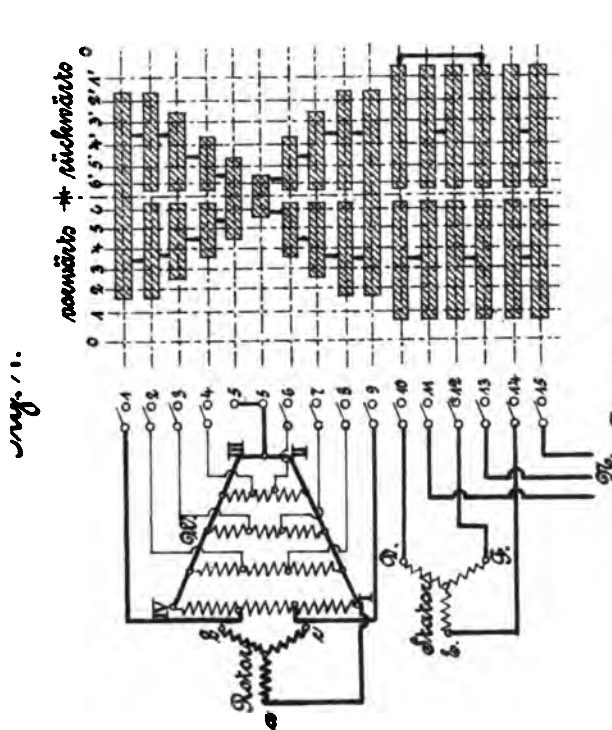


Fig. 1.

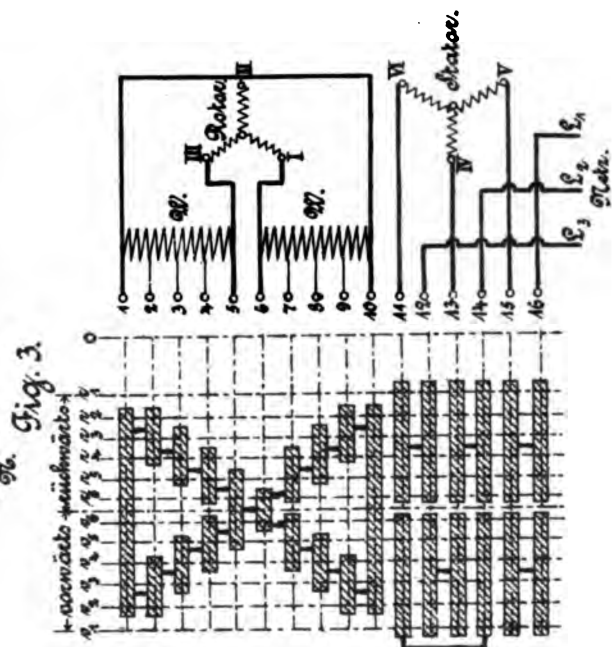
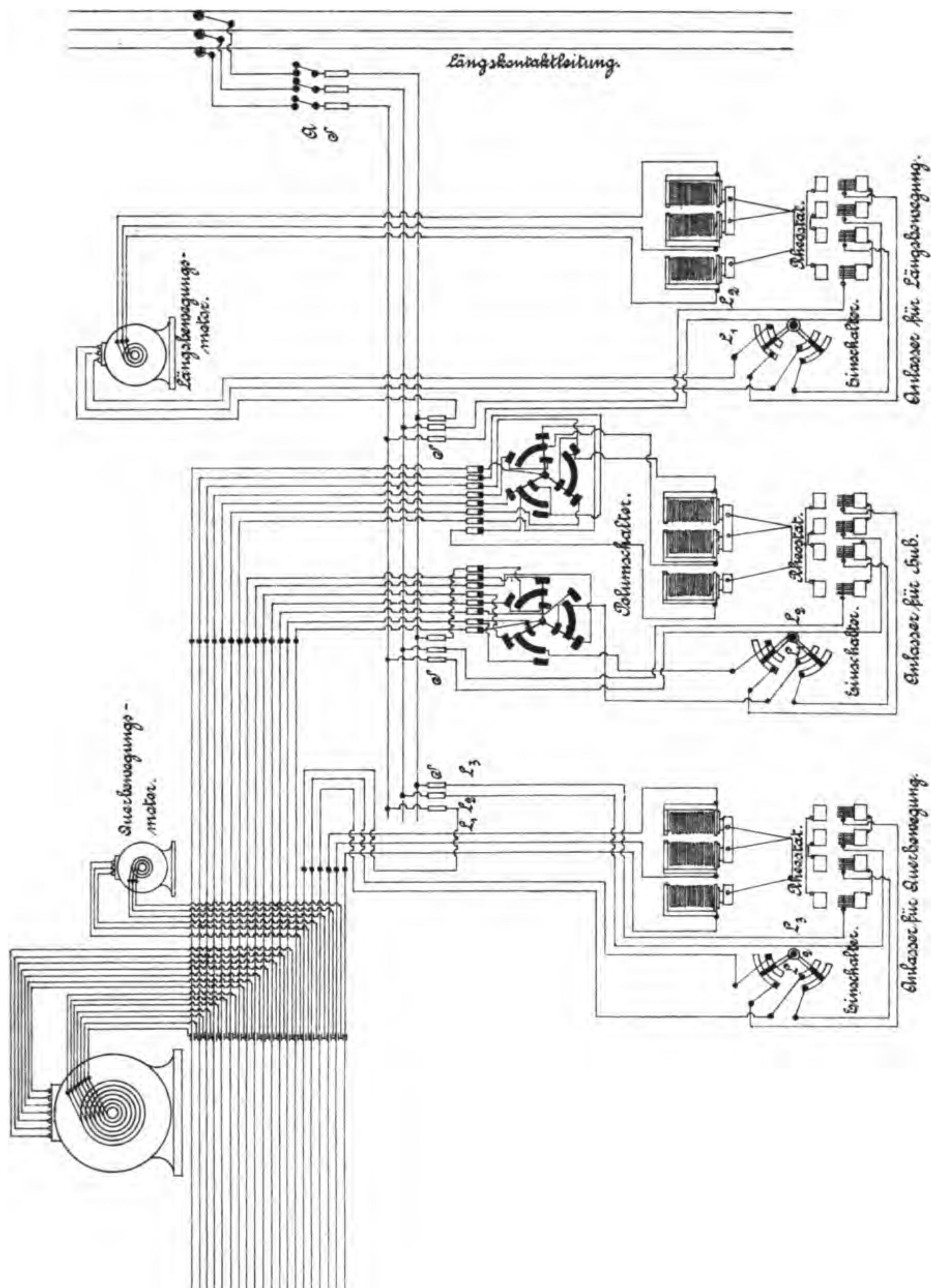


Fig. 3.

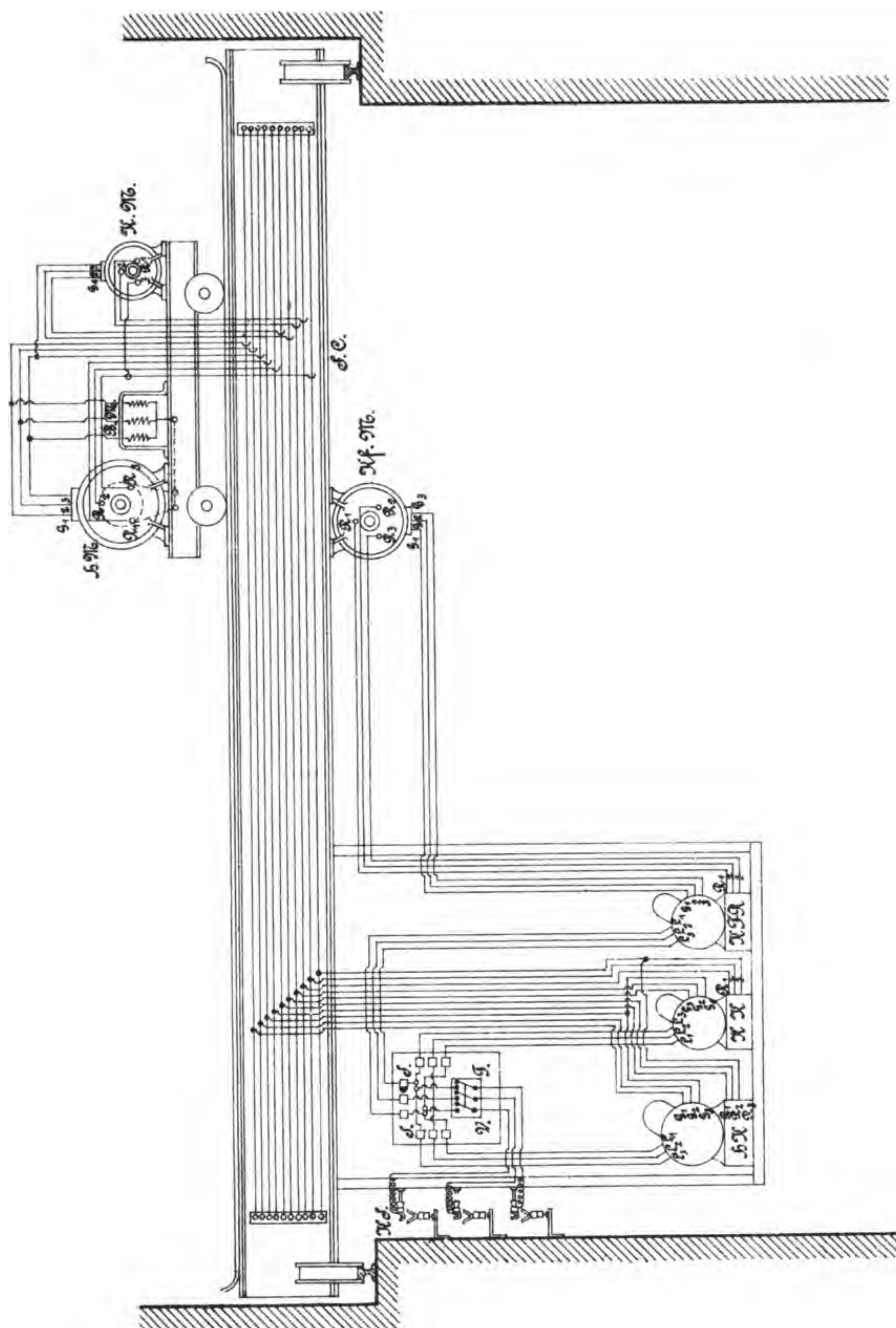
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

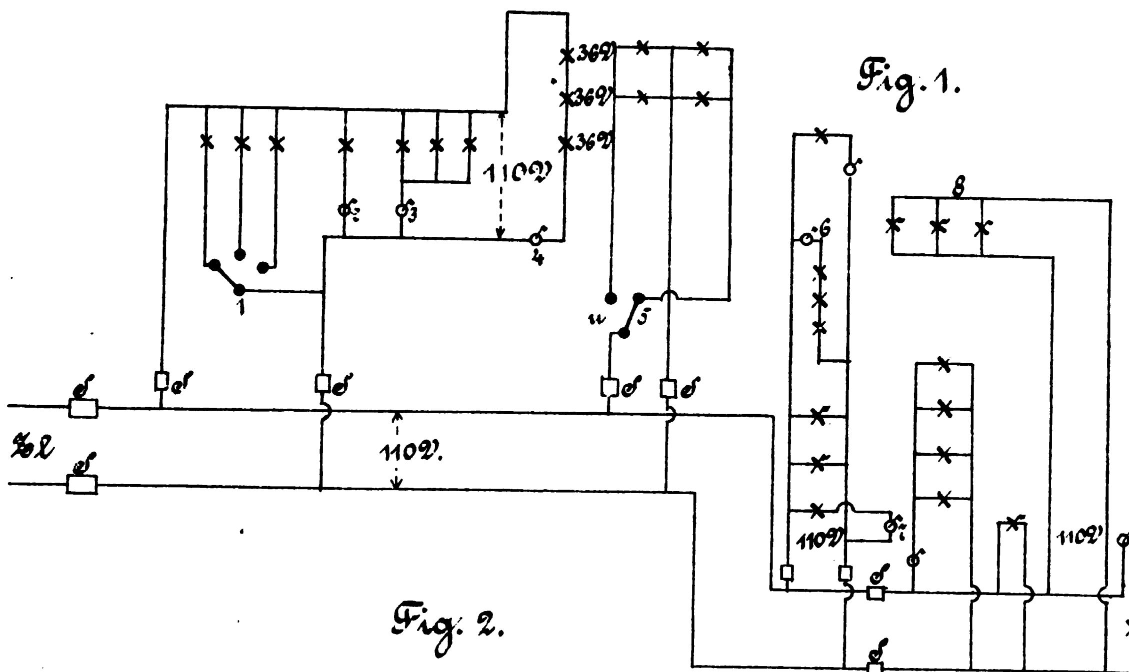


Fig. 1.

Fig. 2.

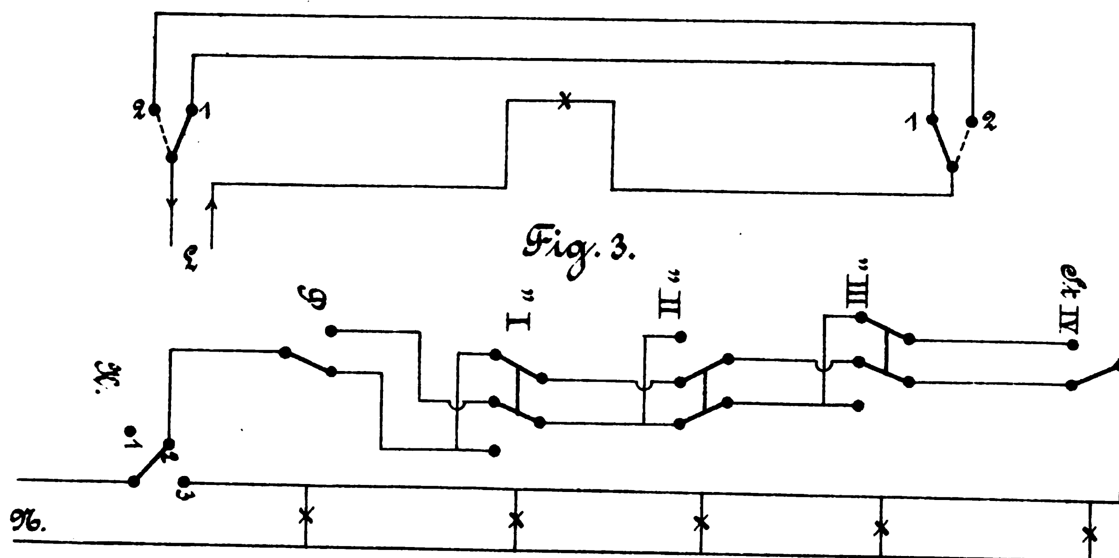


Fig. 3.

Fig. 4.

Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Fig. 1.

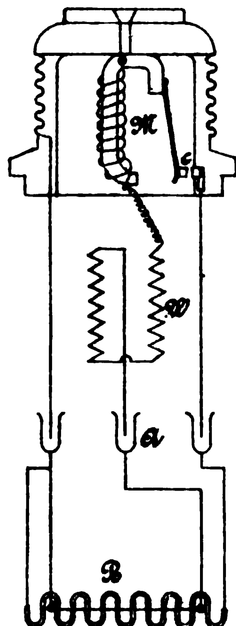


Fig. 2.

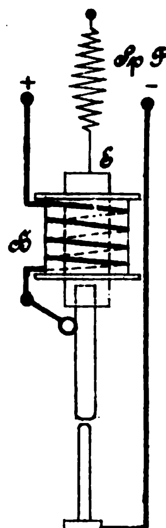


Fig. 3.

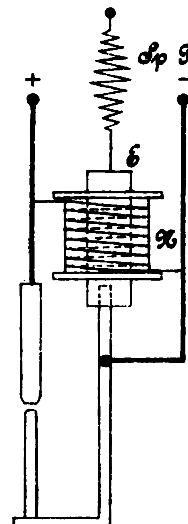


Fig. 4.

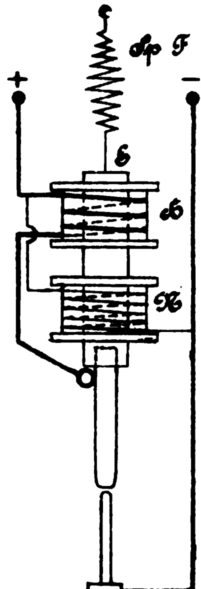


Fig. 5.

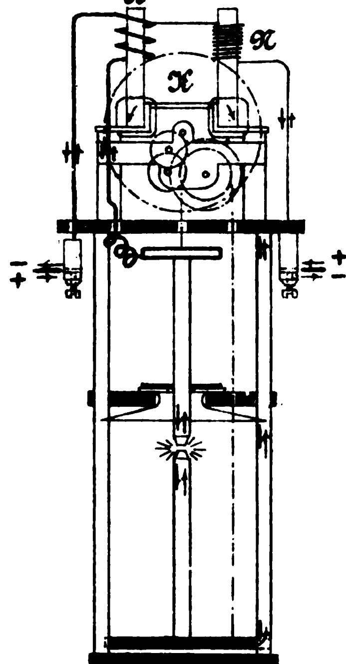
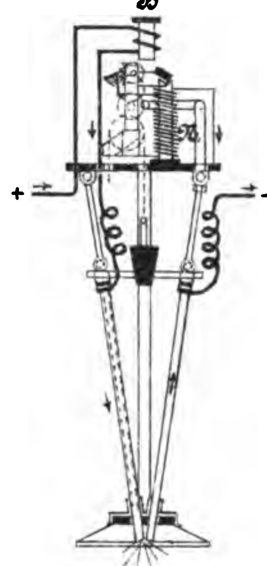


Fig. 6.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Fig. 1.

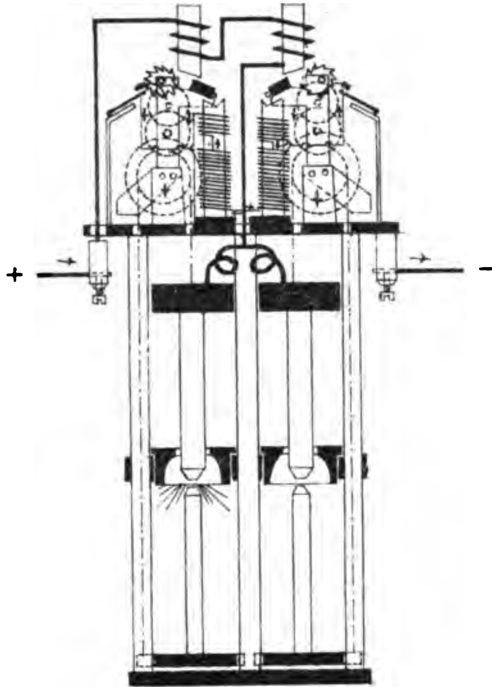


Fig. 2.

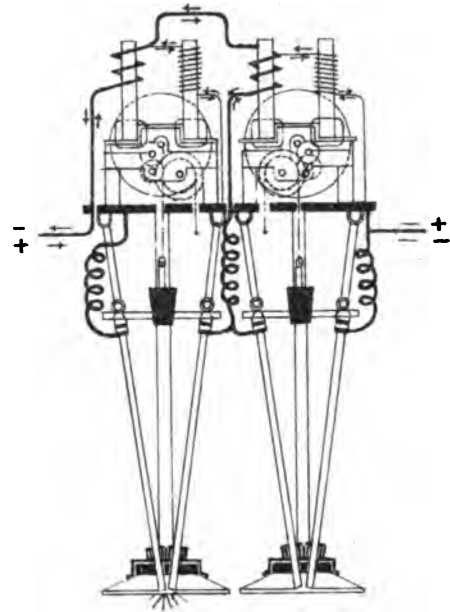


Fig. 3.

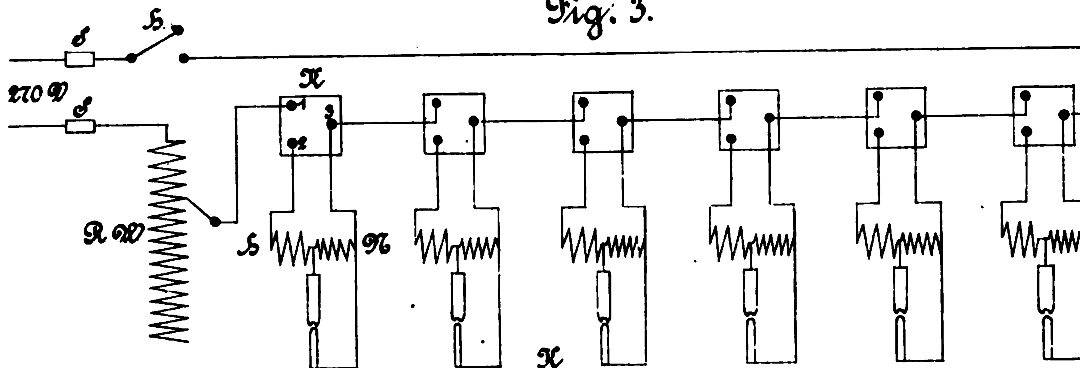


Fig. 3 a.

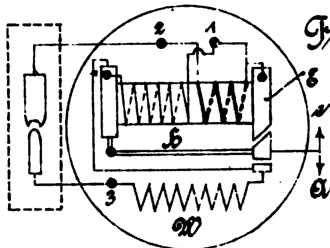
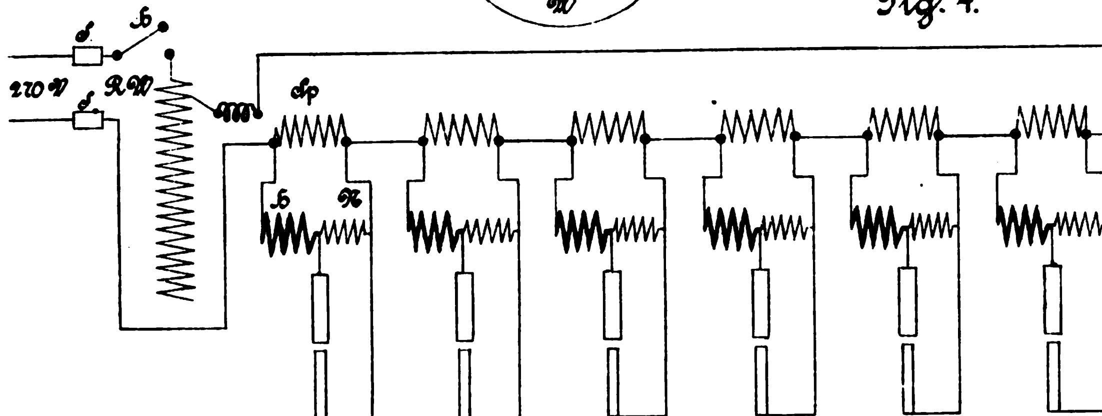


Fig. 4.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Fig. 1.

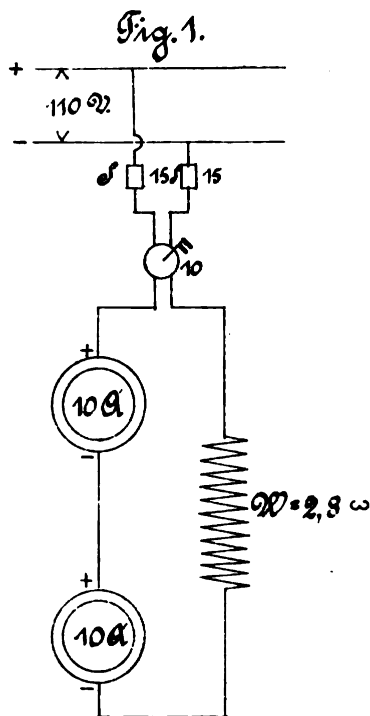


Fig. 2.

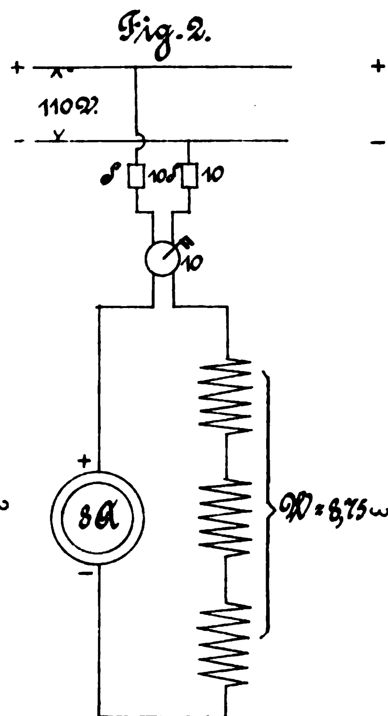


Fig. 3.

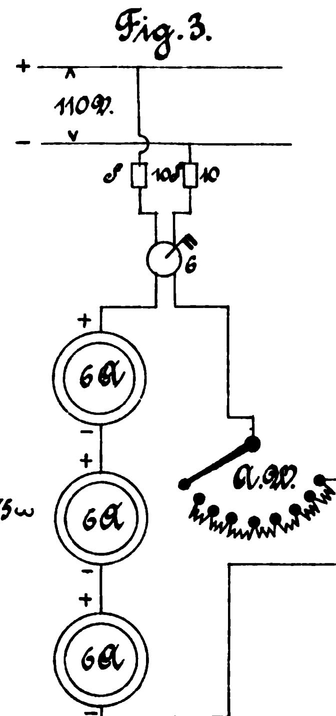


Fig. 4.

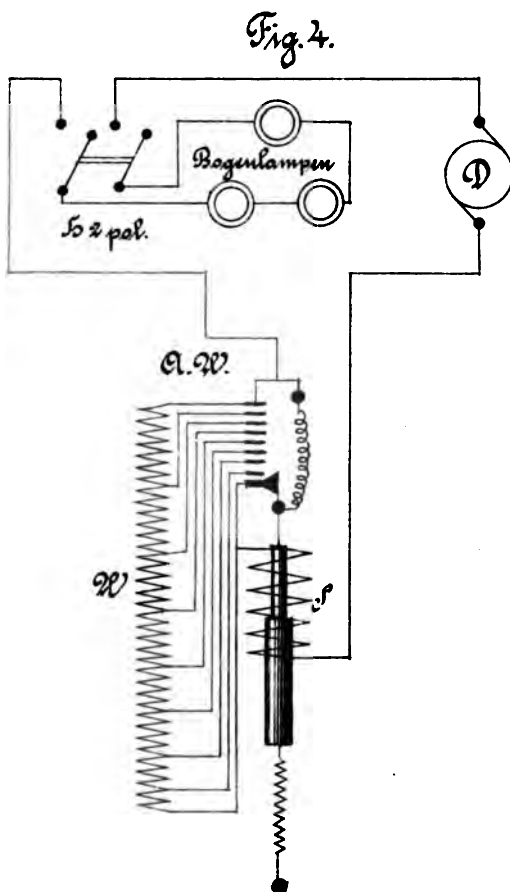
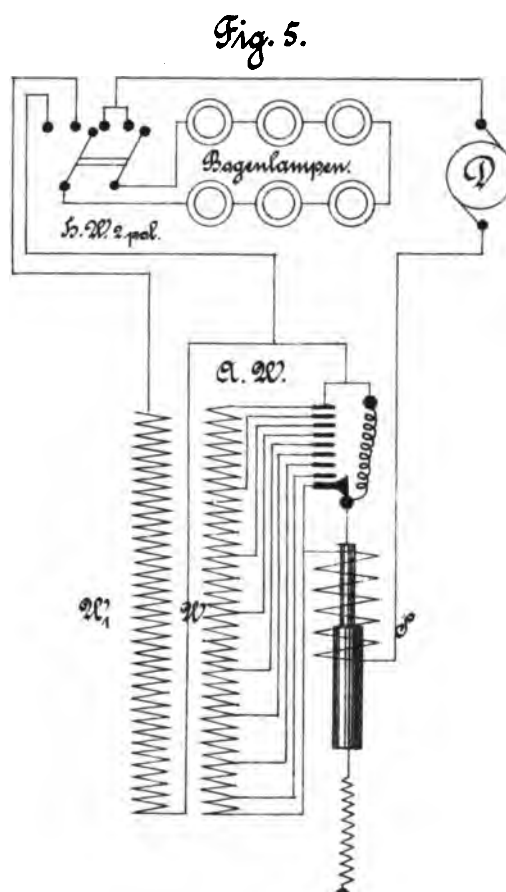
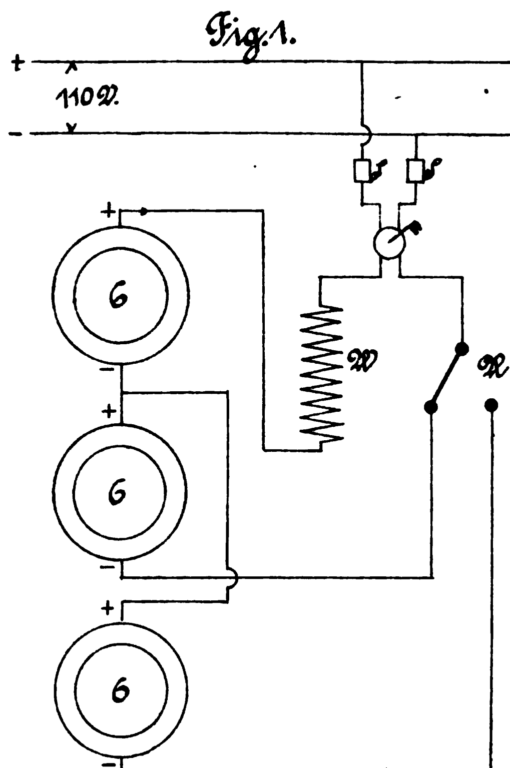


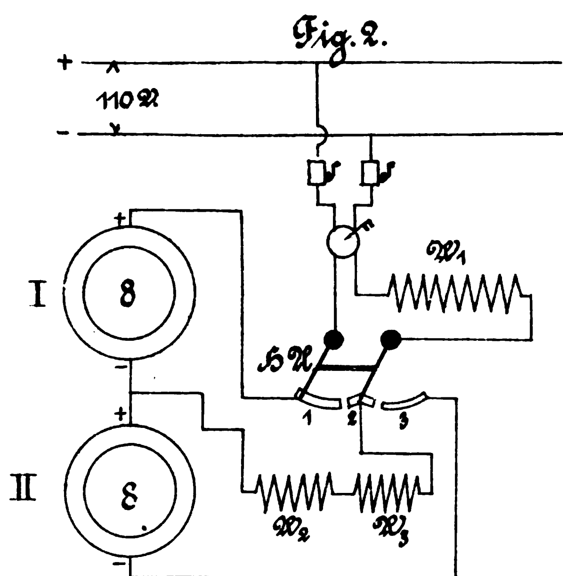
Fig. 5.

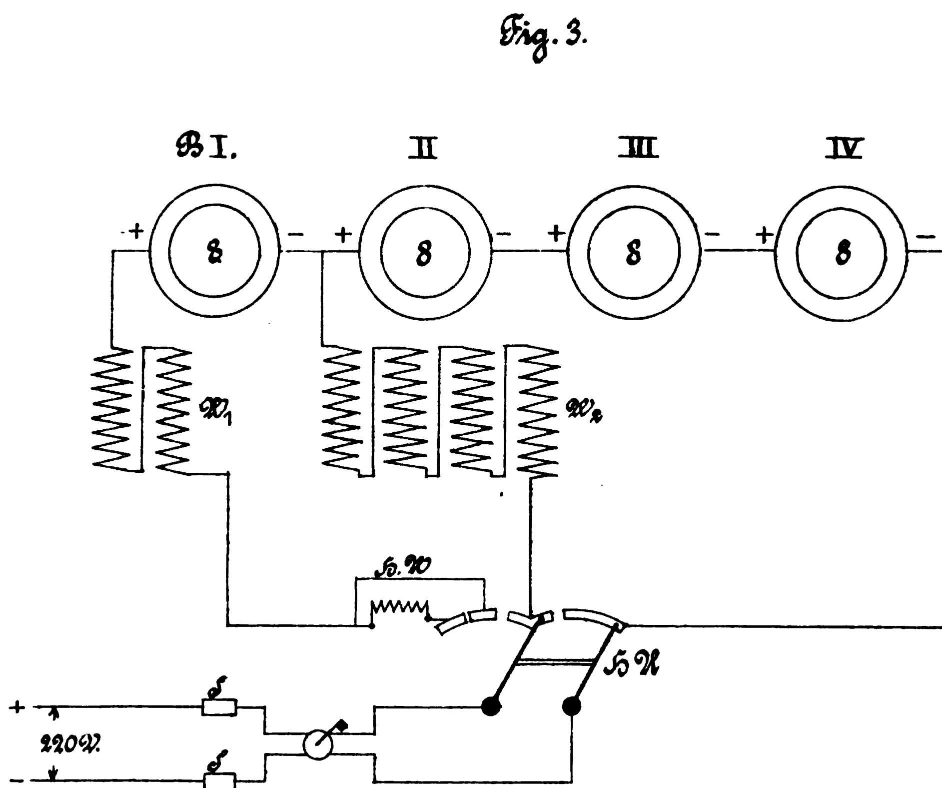


Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

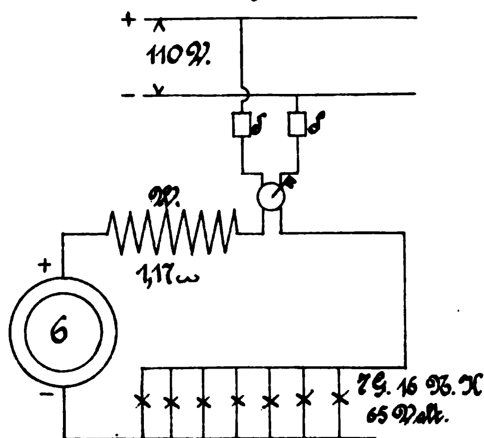


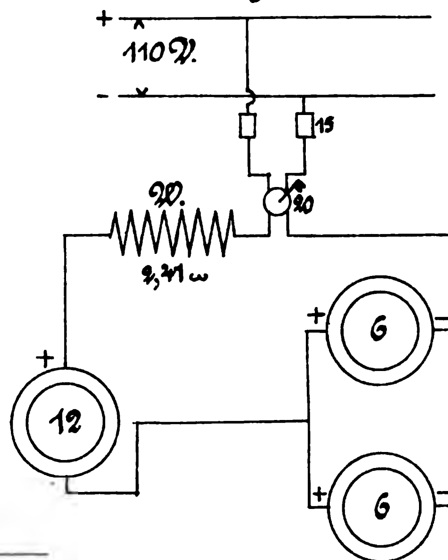


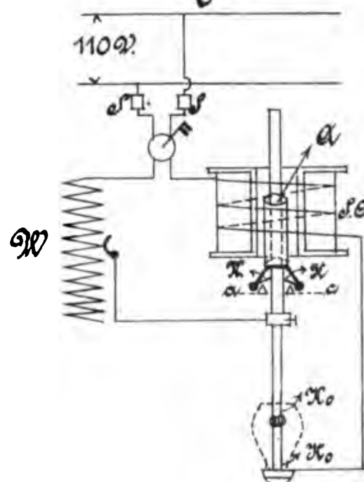


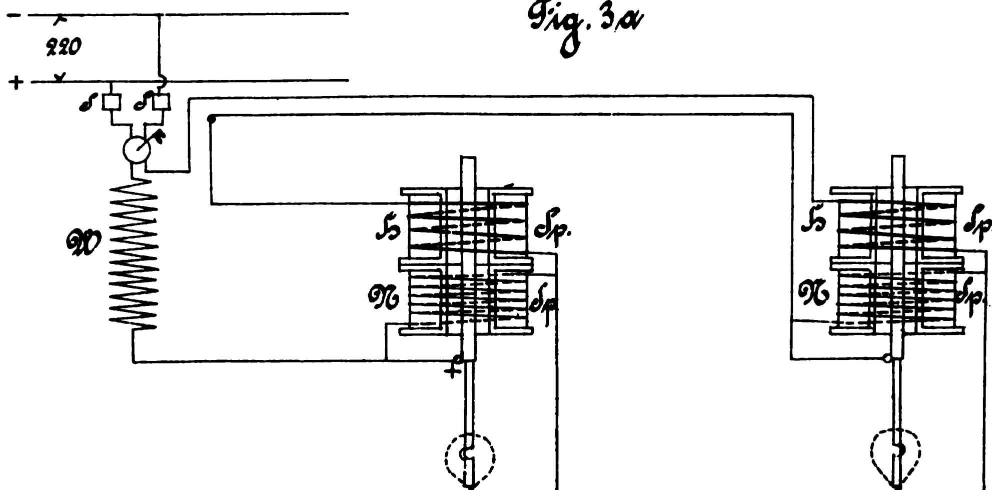
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.









Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Fig. 1.

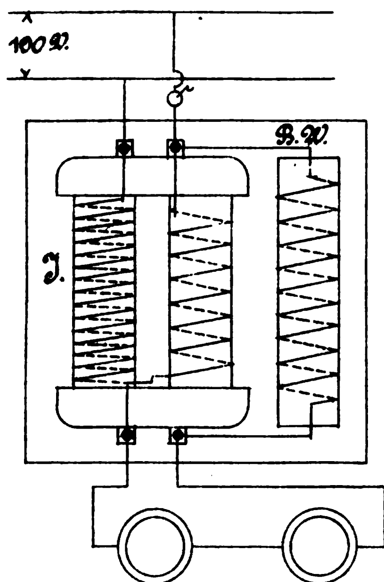
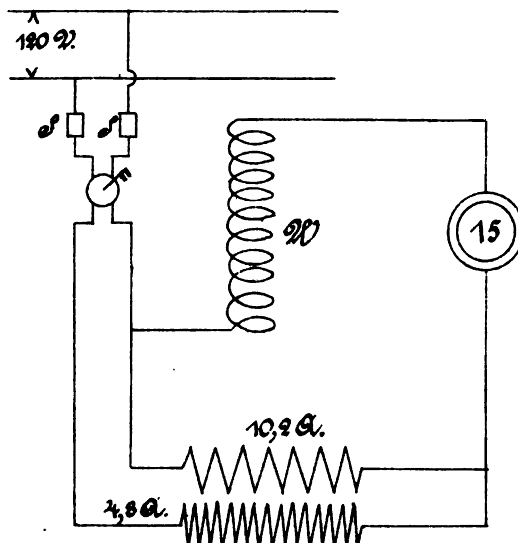


Fig. 1a.



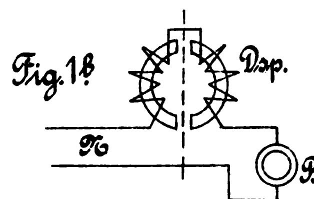
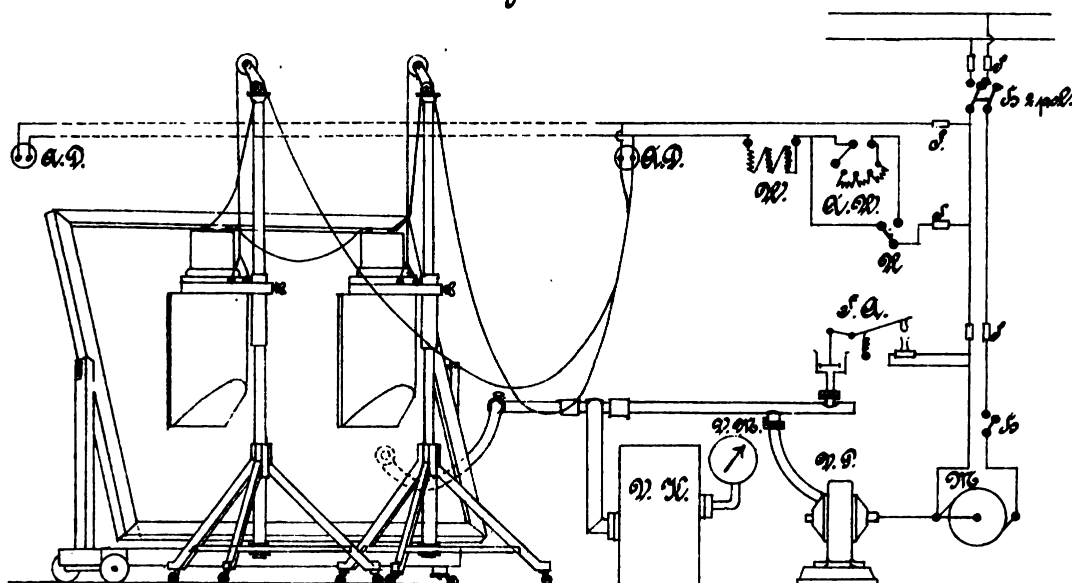


Fig. 2.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Drahtseile vom Regulierapparat.

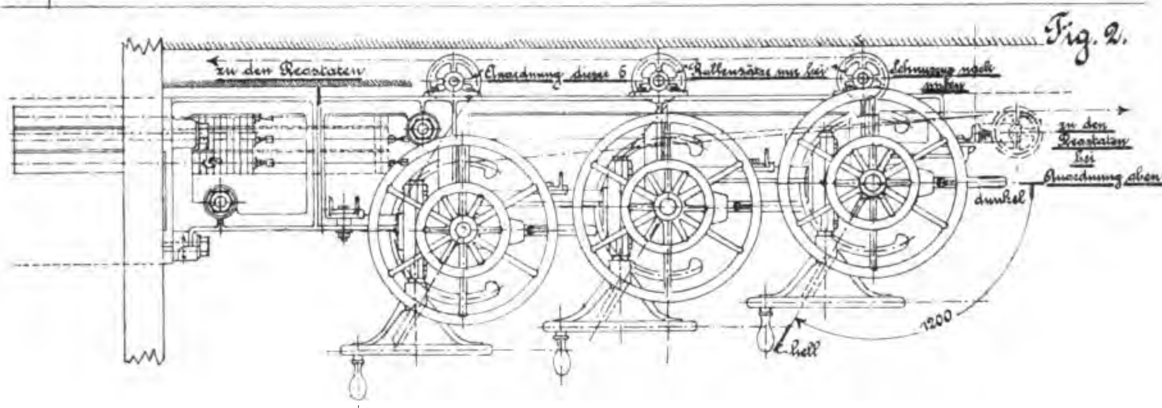
Fig. 1.

Farbe I.

Farbe II.

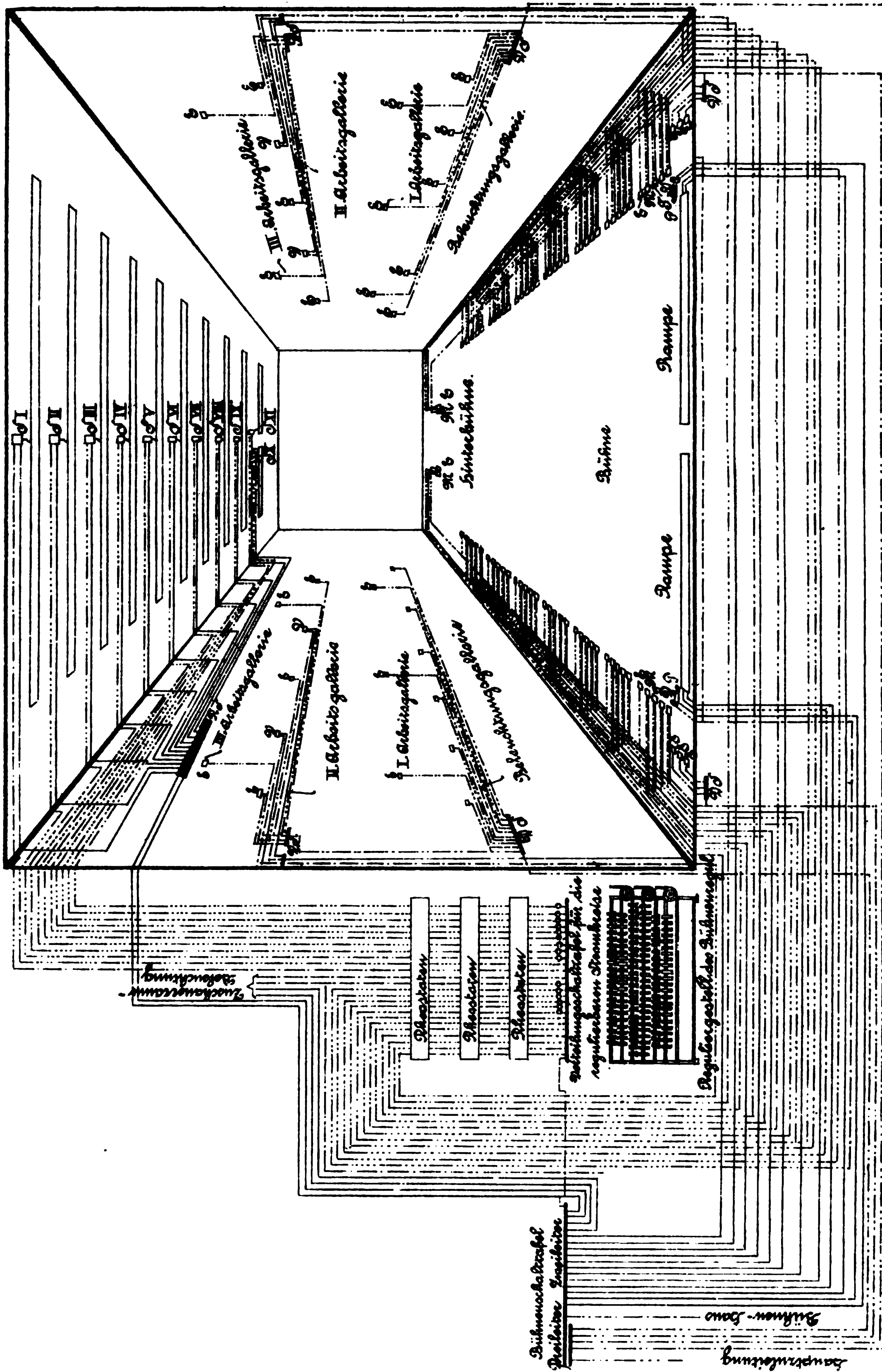
Farbe III.

Fig. 2.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

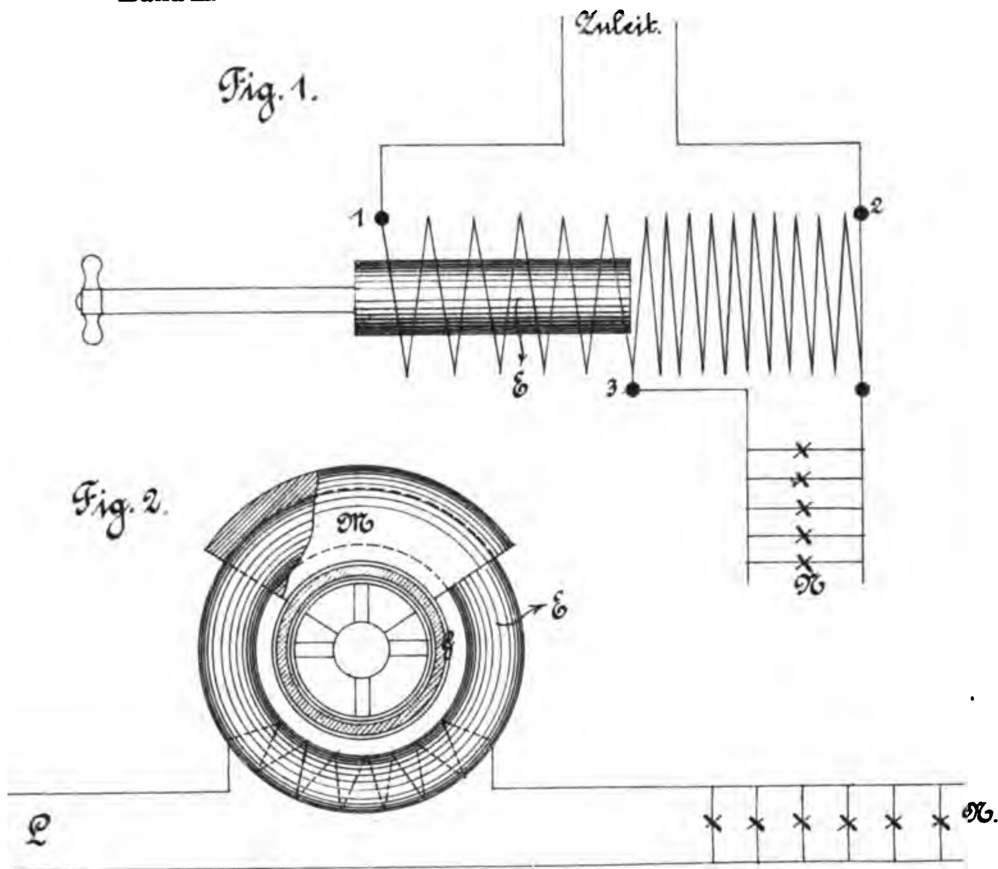
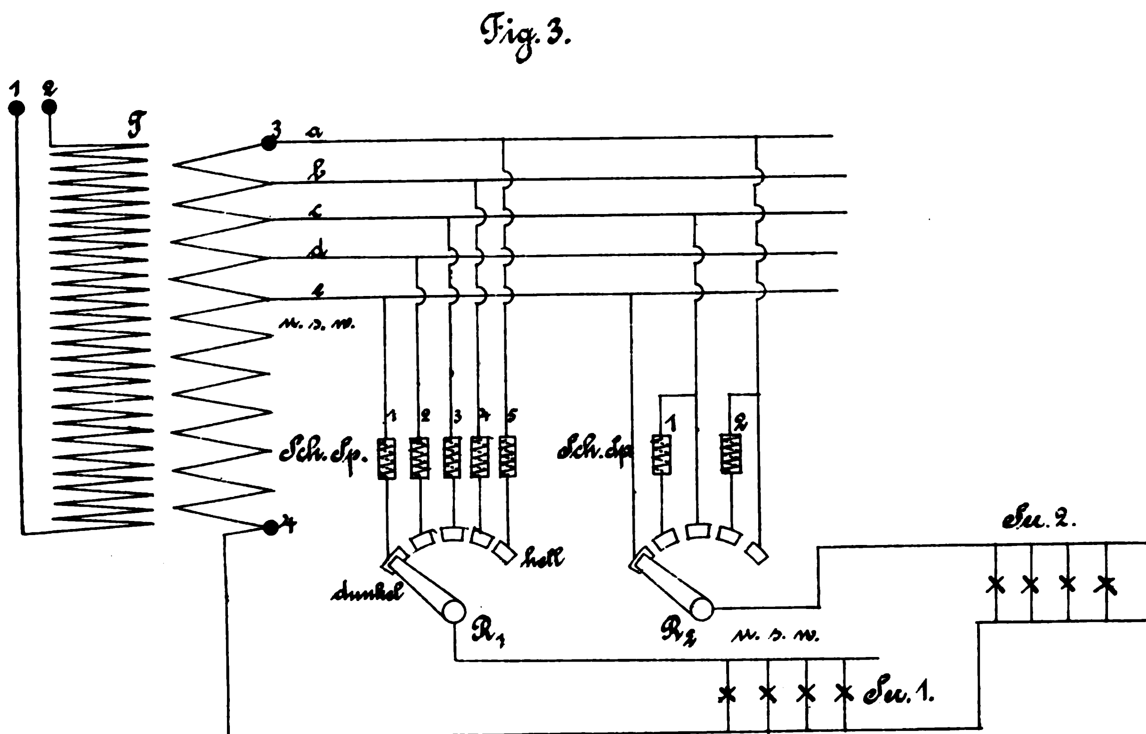


Fig. 3.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Fig. 1.

Druckknopf

IV. Stock

III „

II „

I „

Parterre

Automat

Z

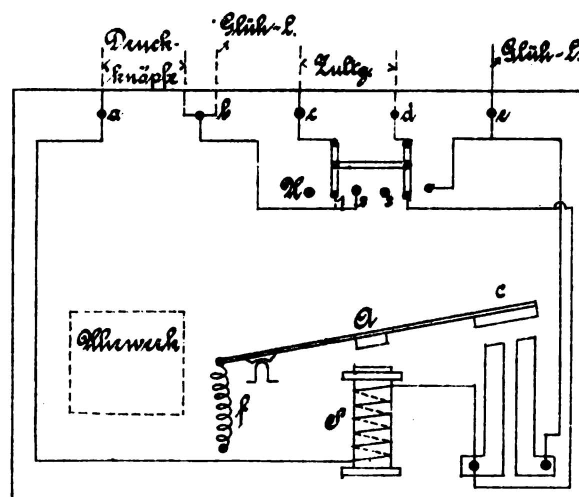


Fig. 1a.

Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Fig. 1.

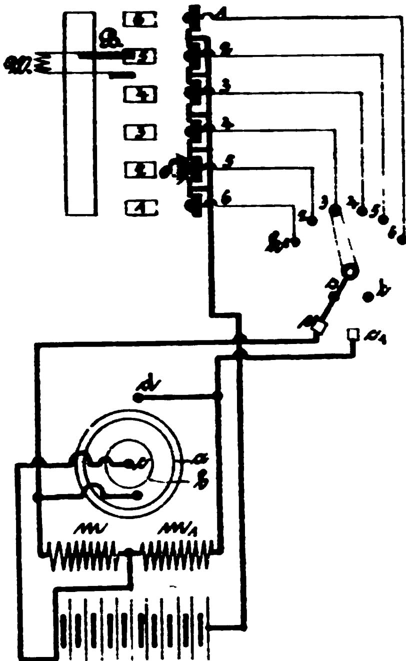


Fig. 2.

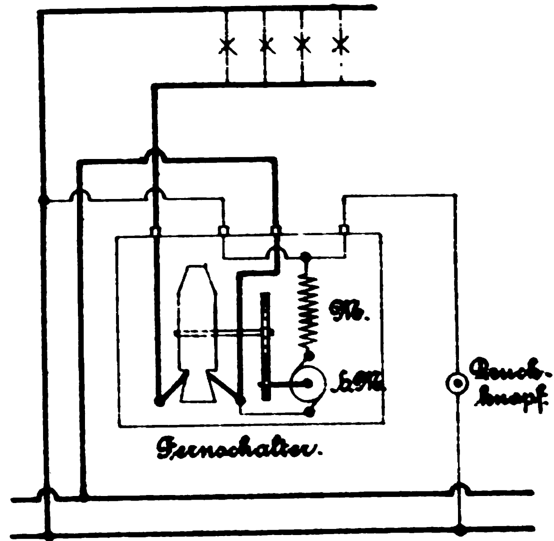


Fig. 3.

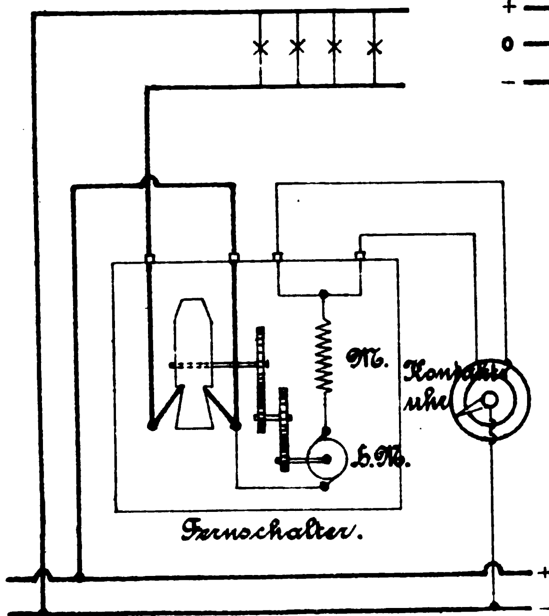
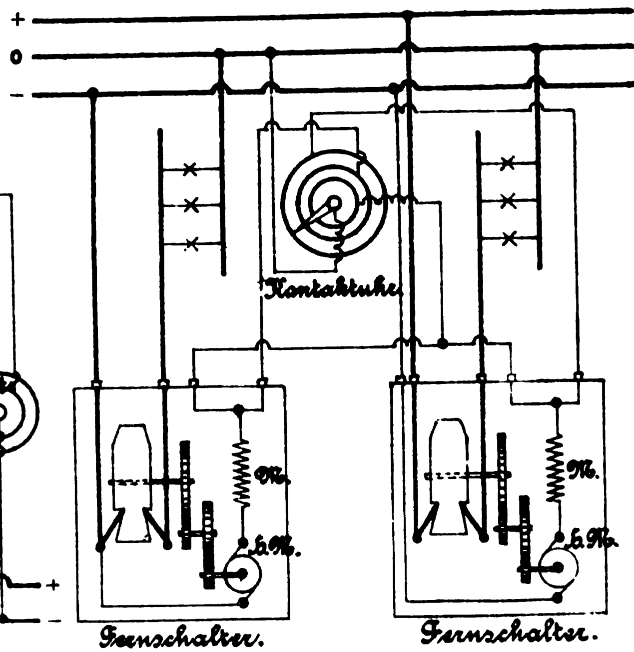
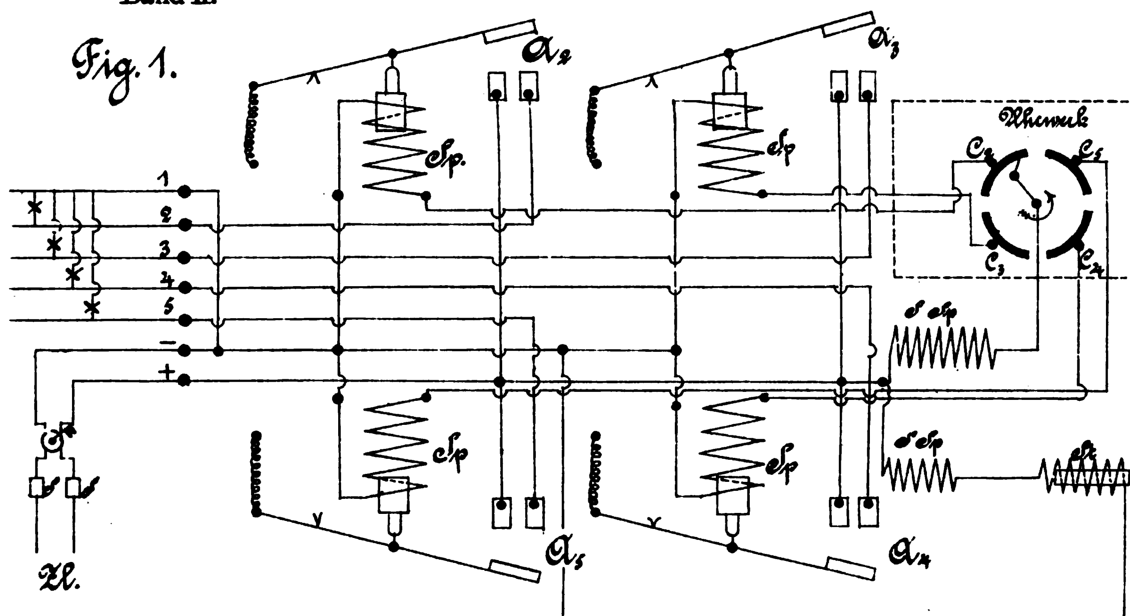


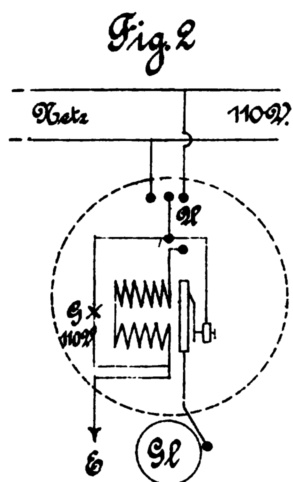
Fig. 4.

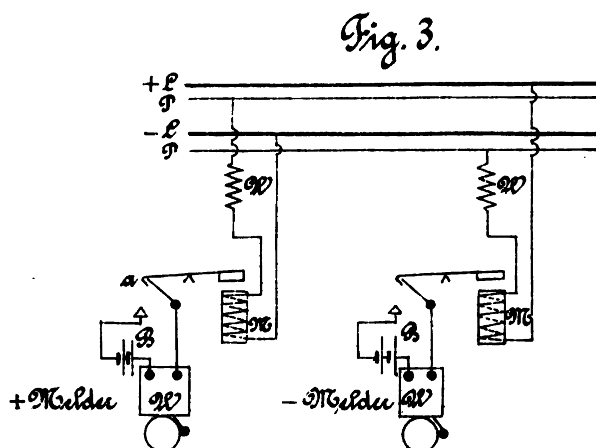


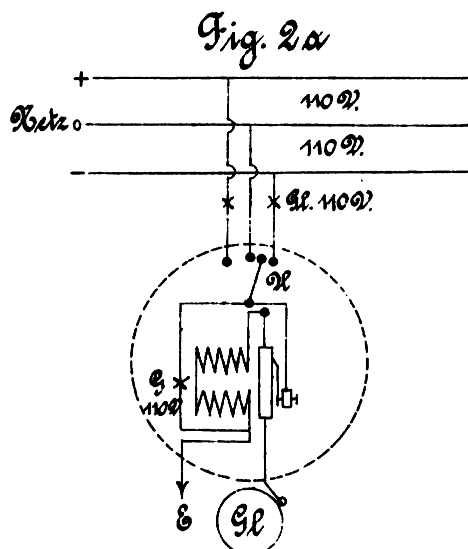
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.









Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

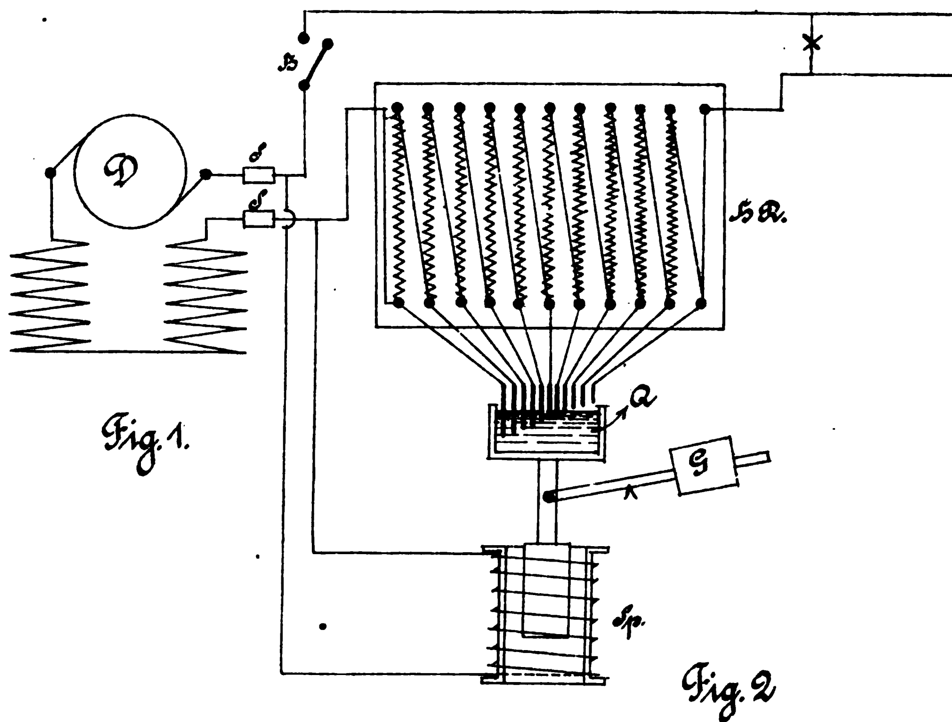


Fig. 1.

Fig. 2

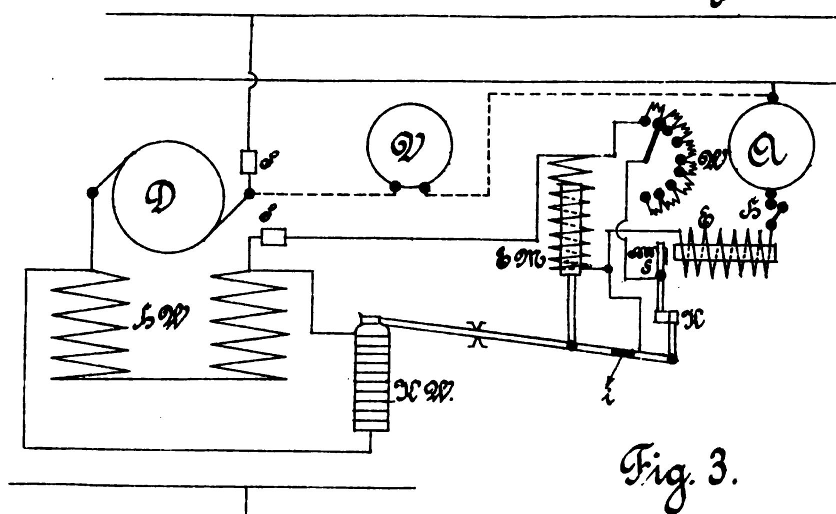
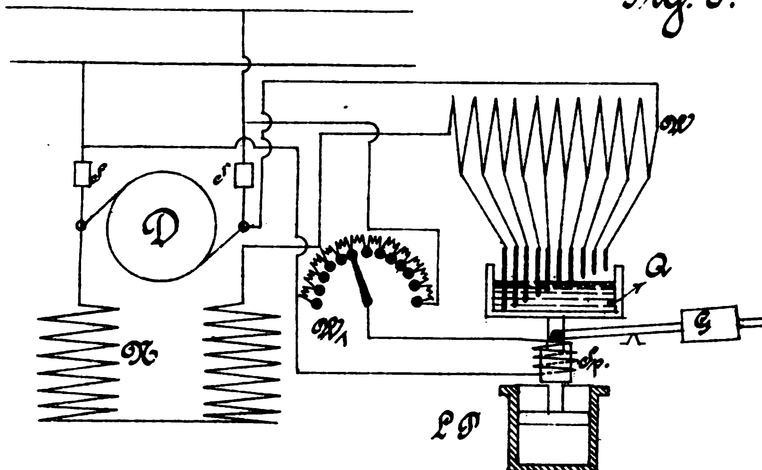


Fig. 3.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

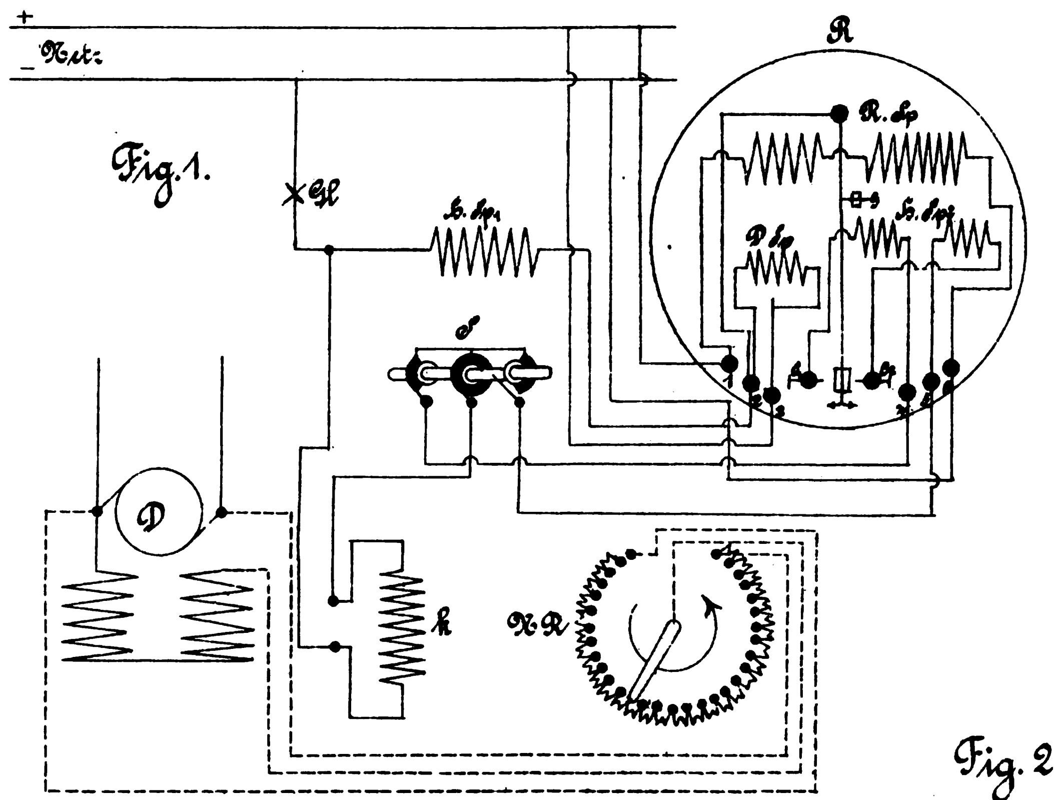
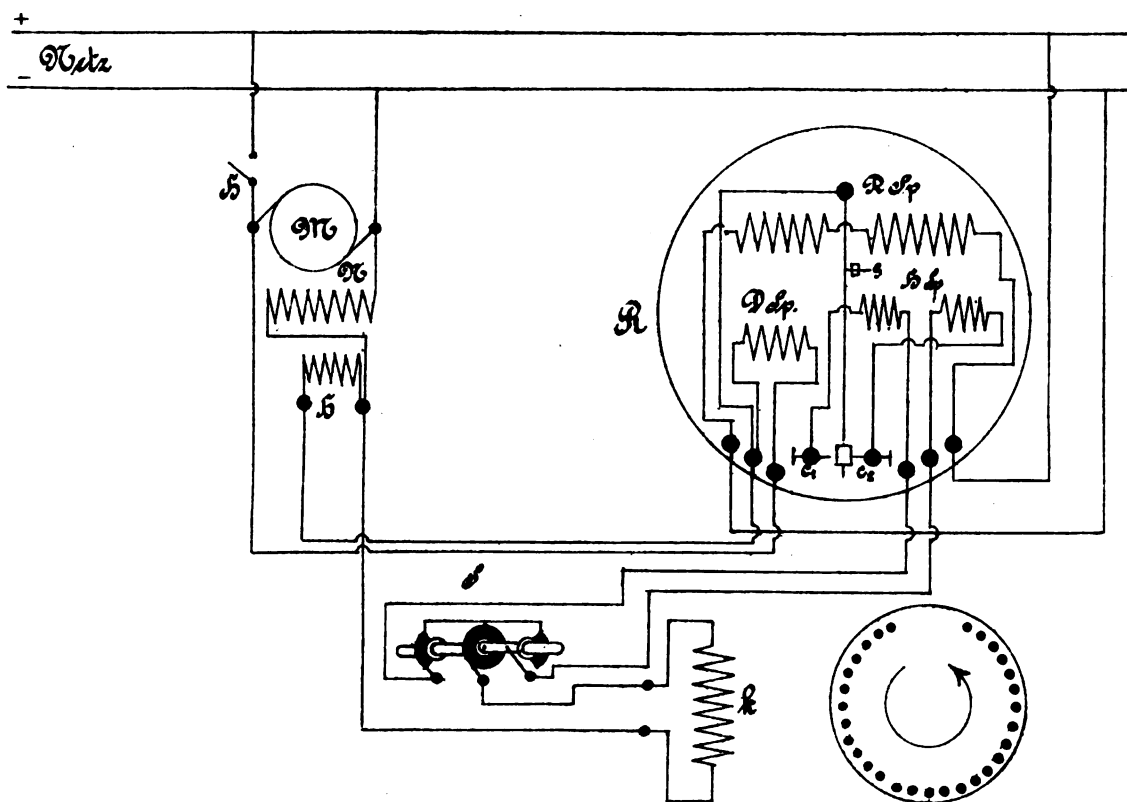
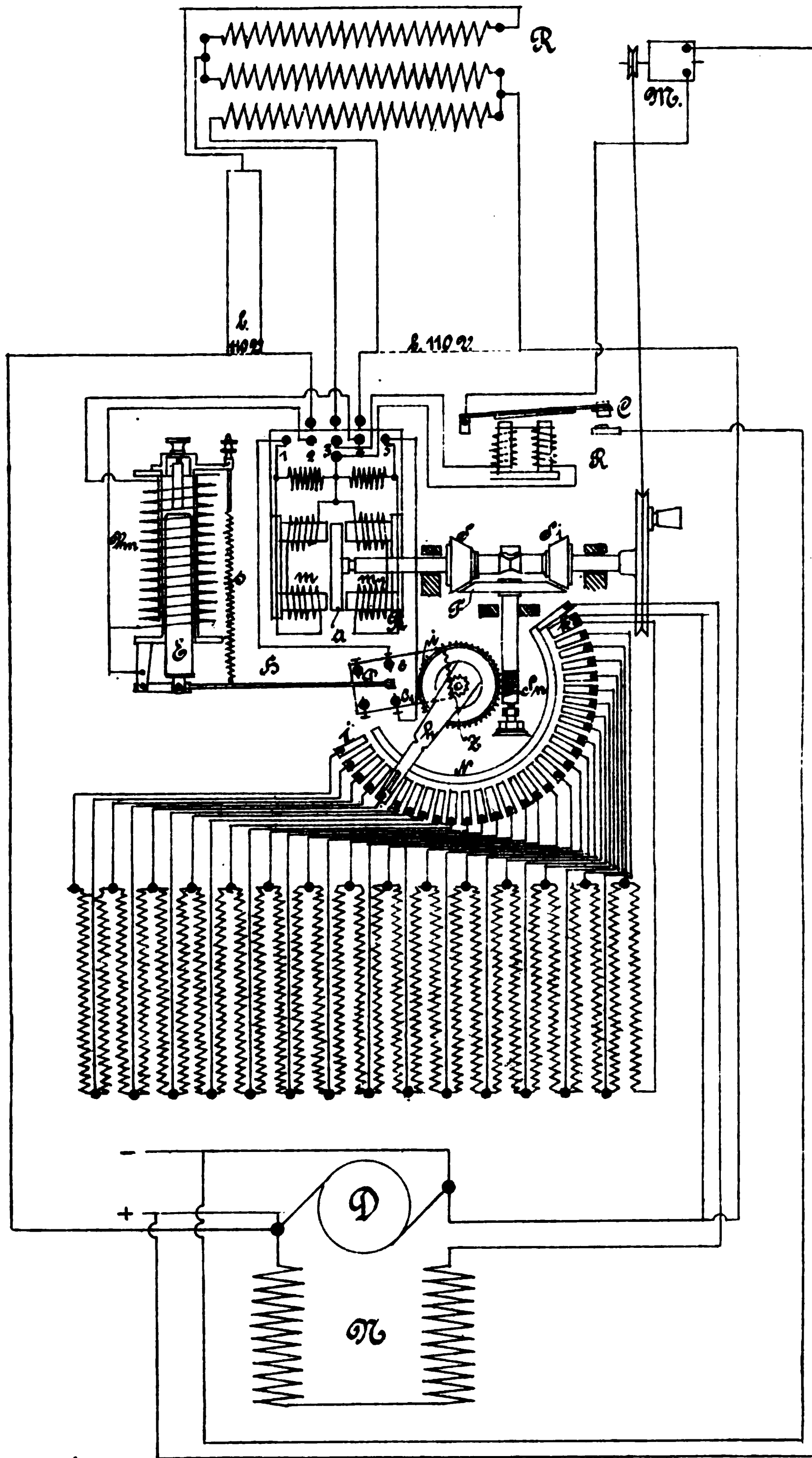


Fig. 2



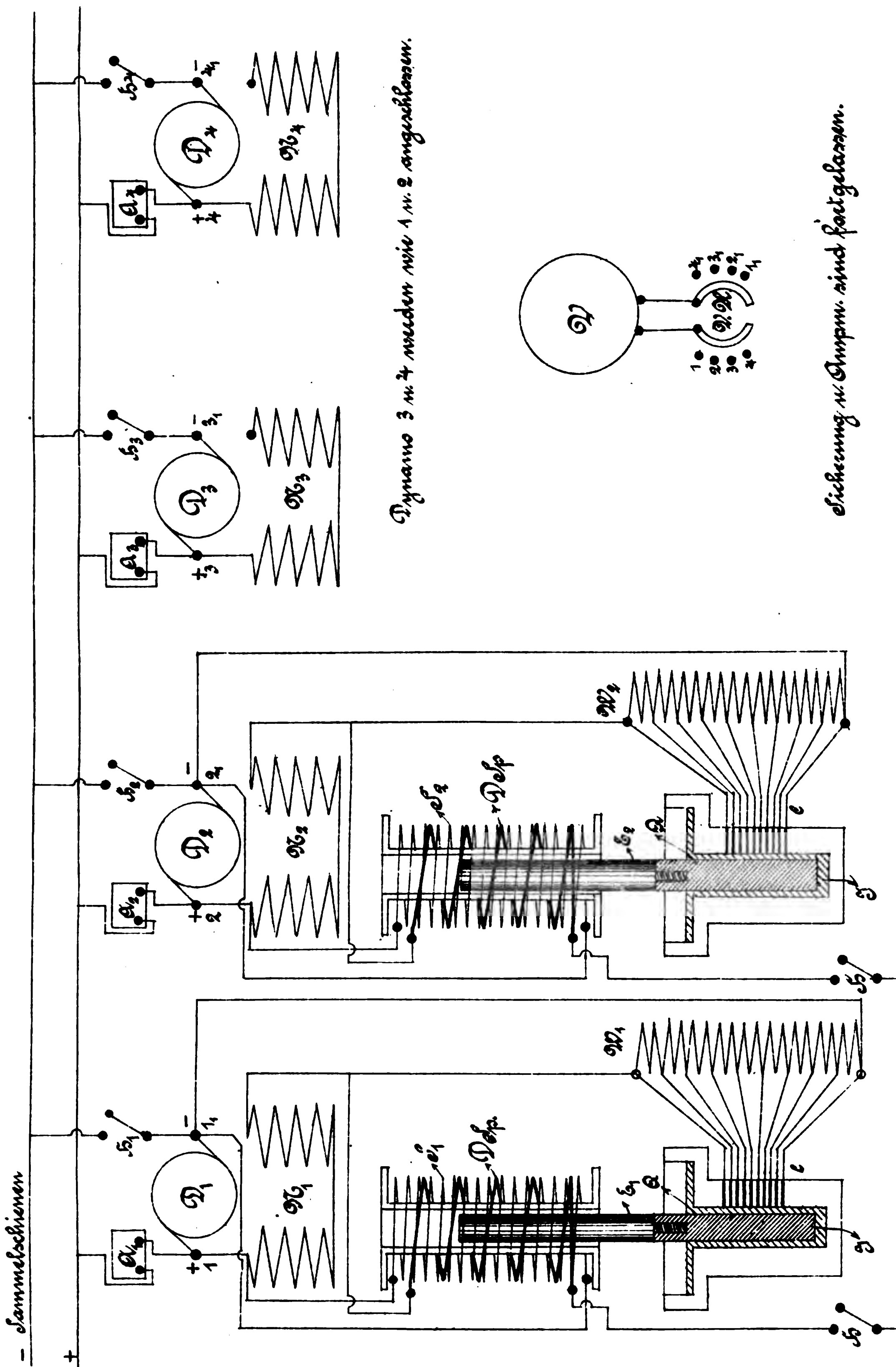
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner. Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Fig. 1.

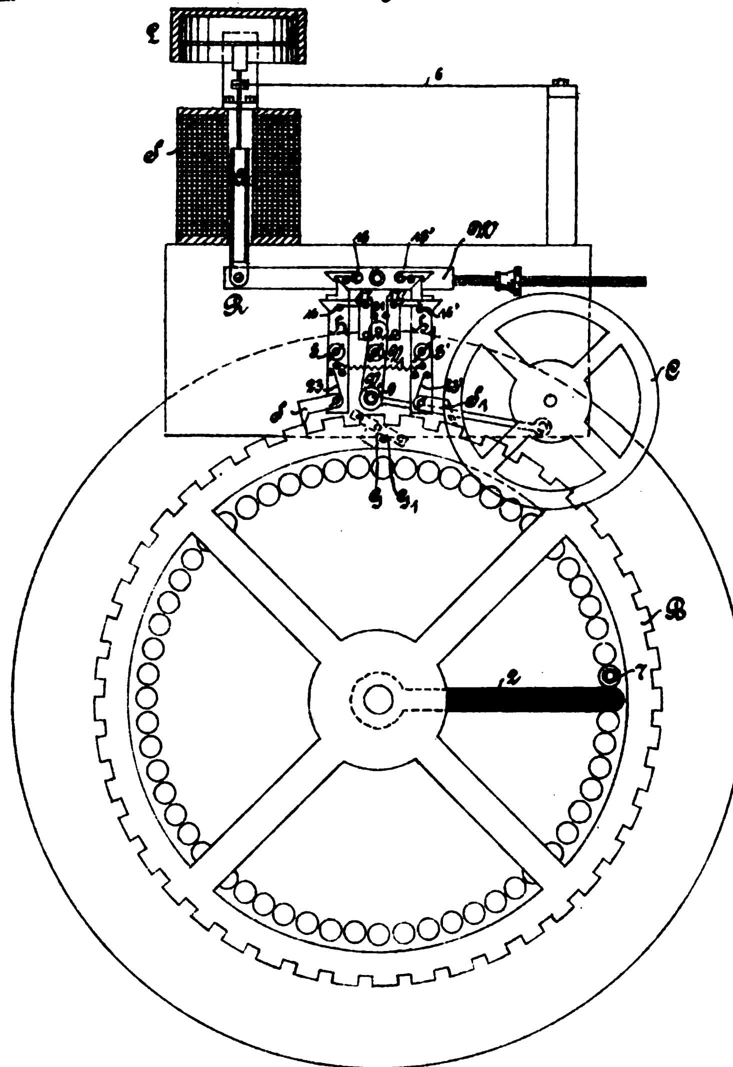
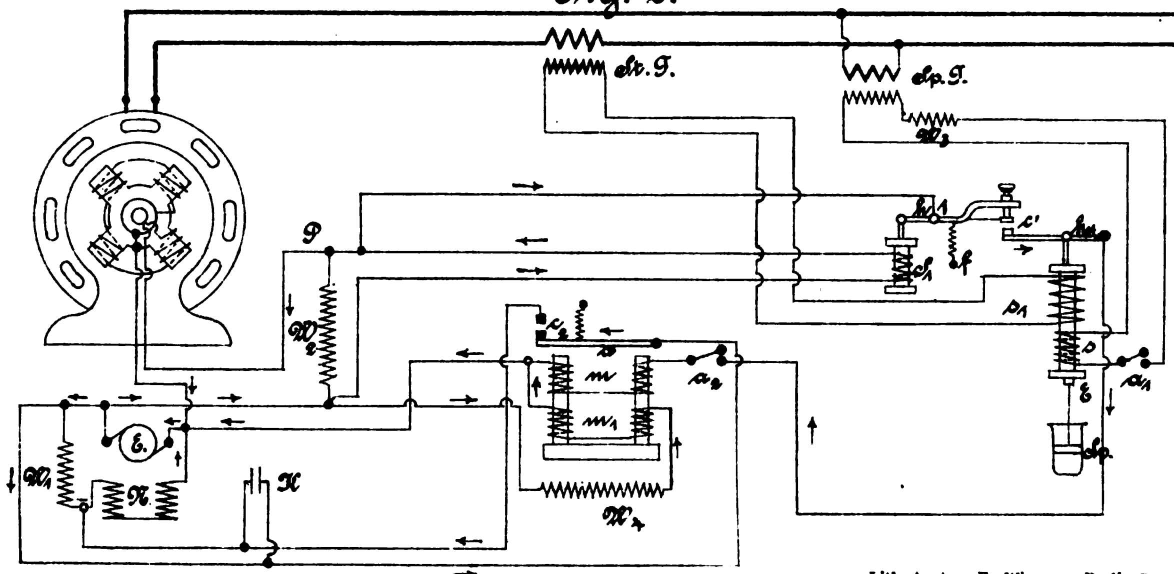
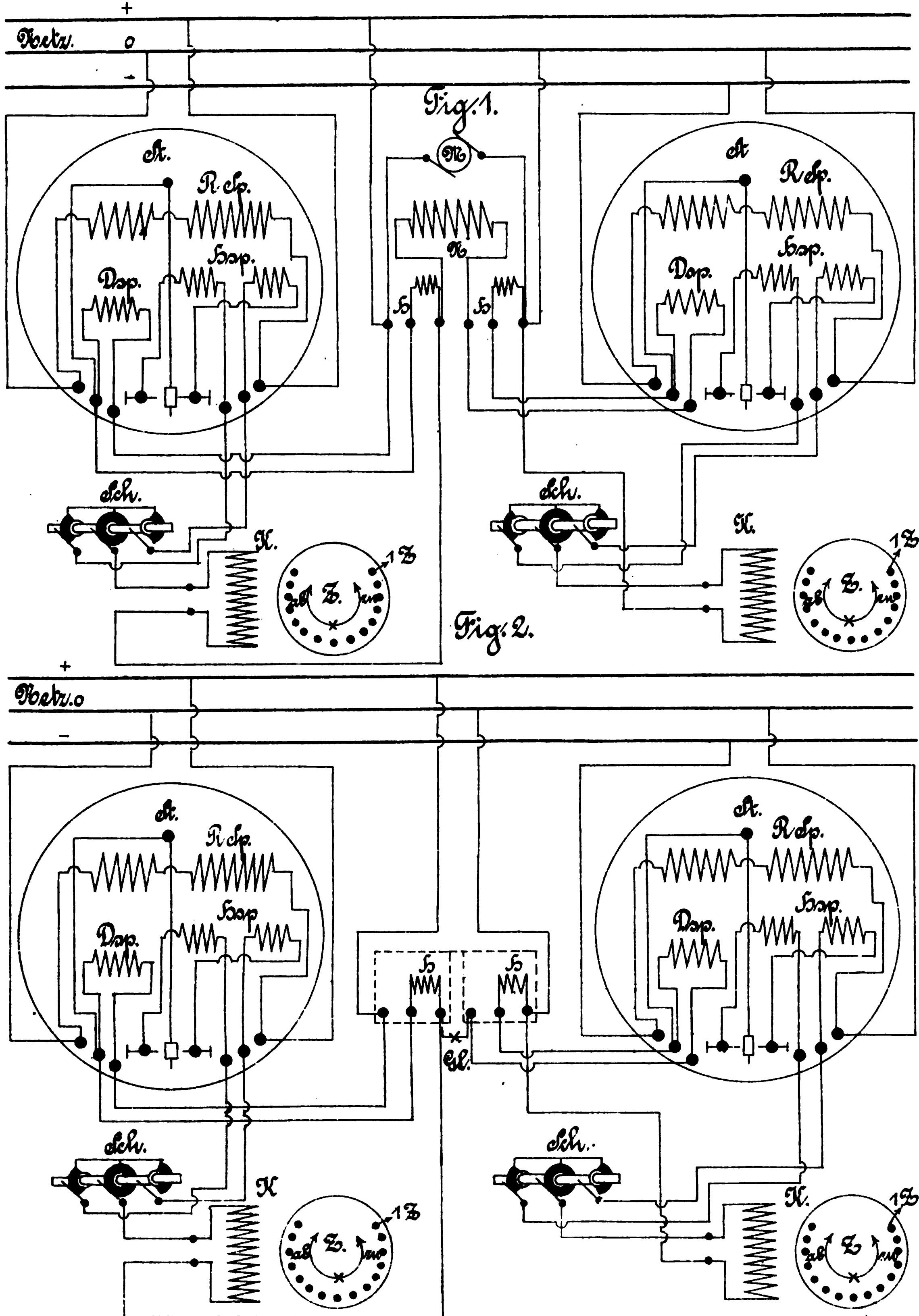


Fig. 2.



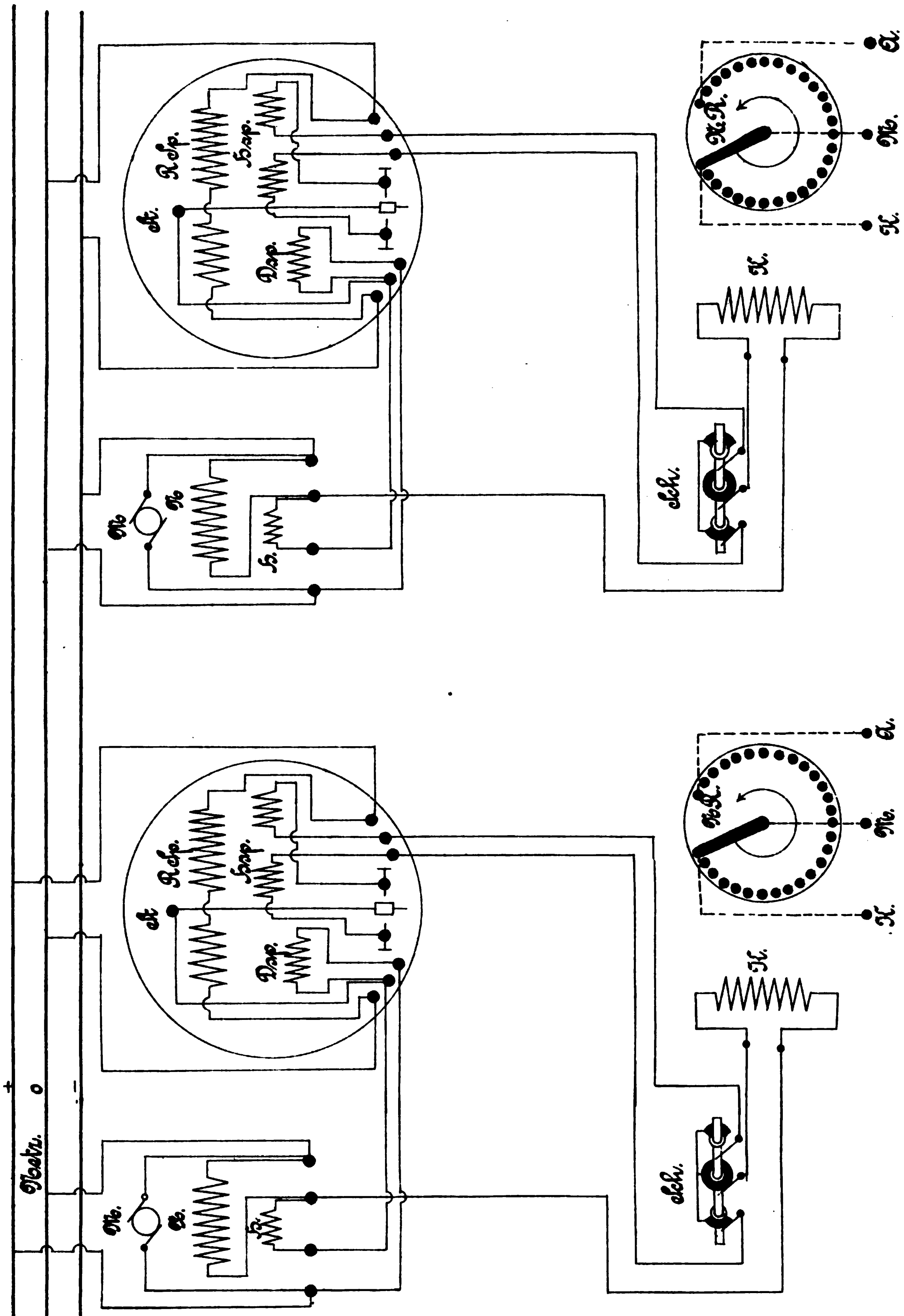
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



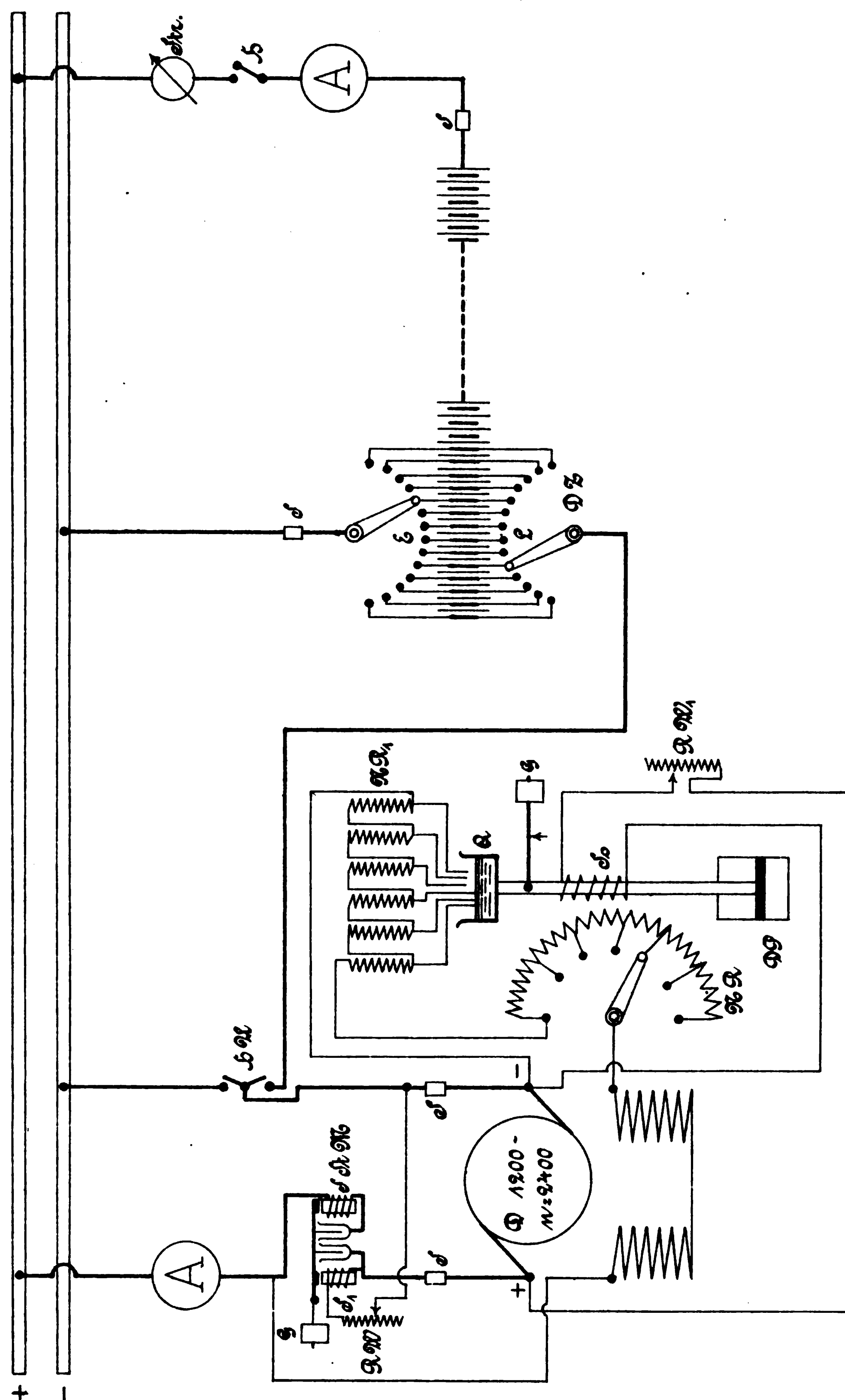
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



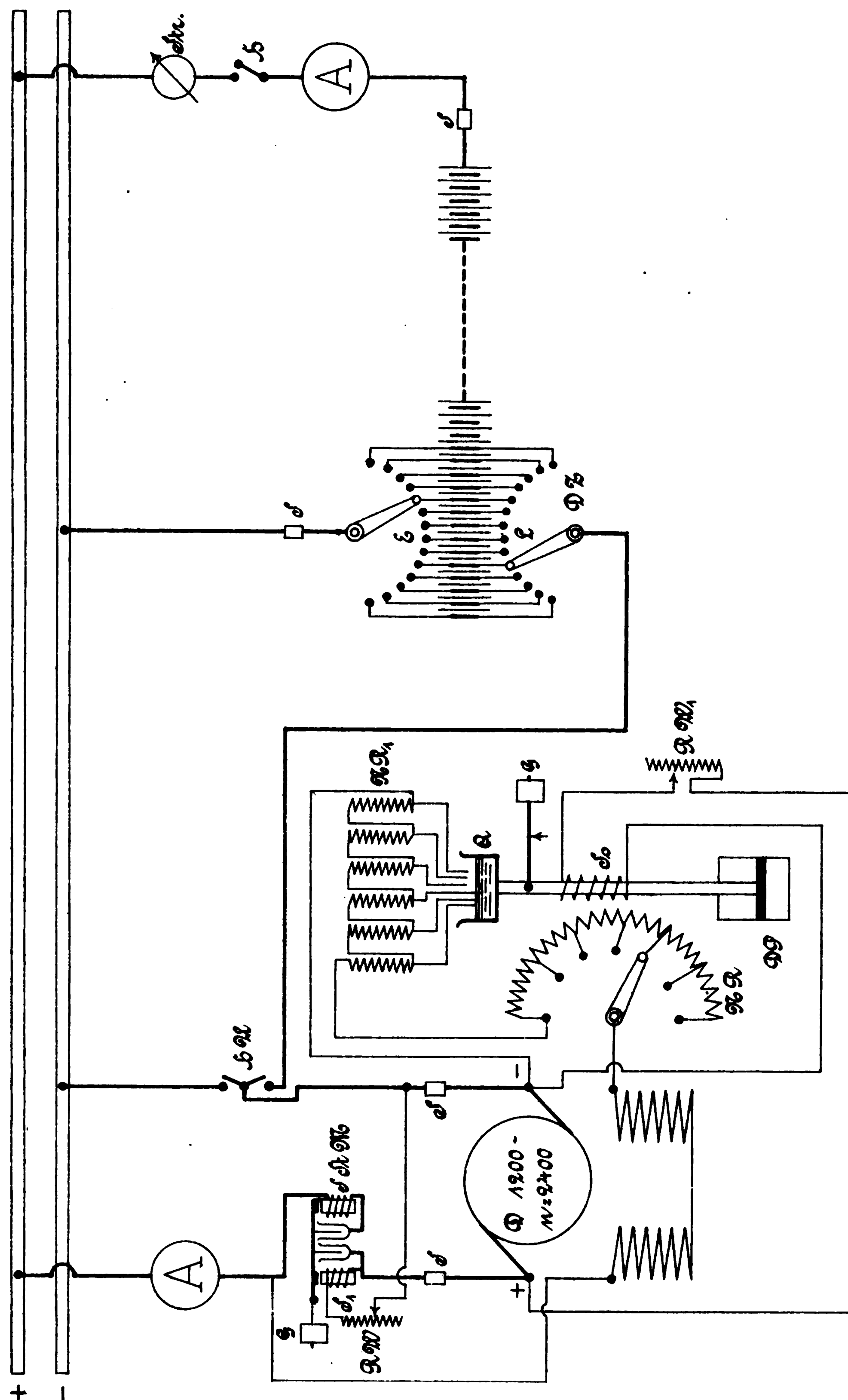
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61



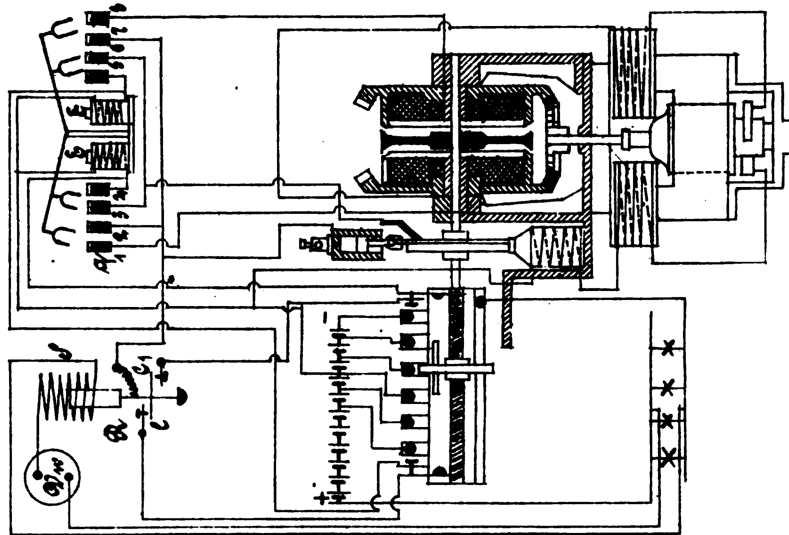
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

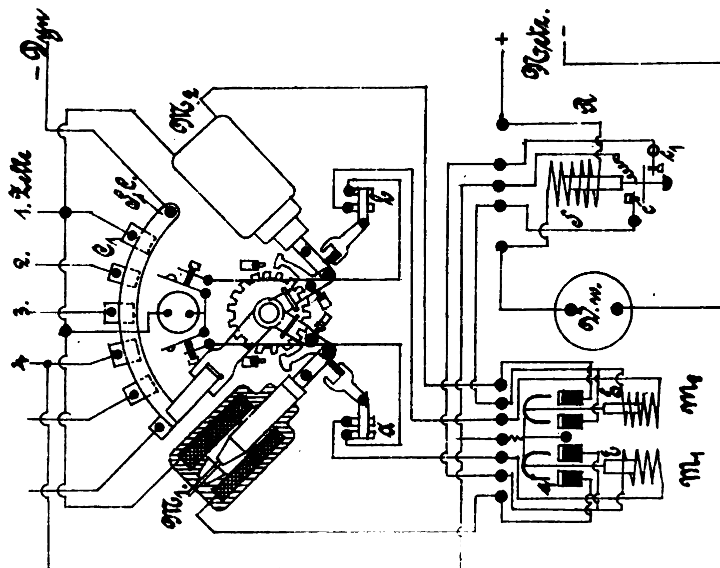
Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

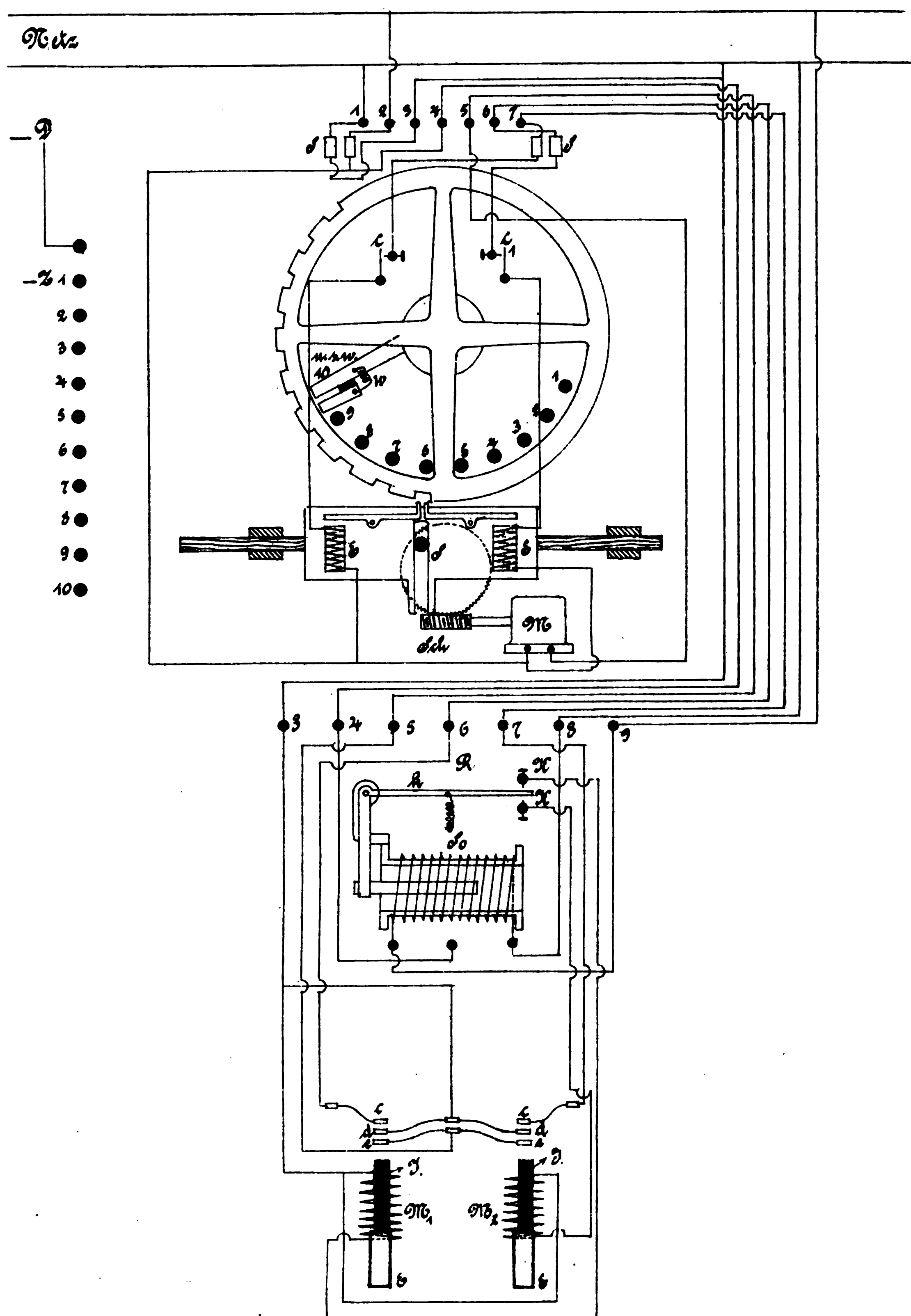
Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.





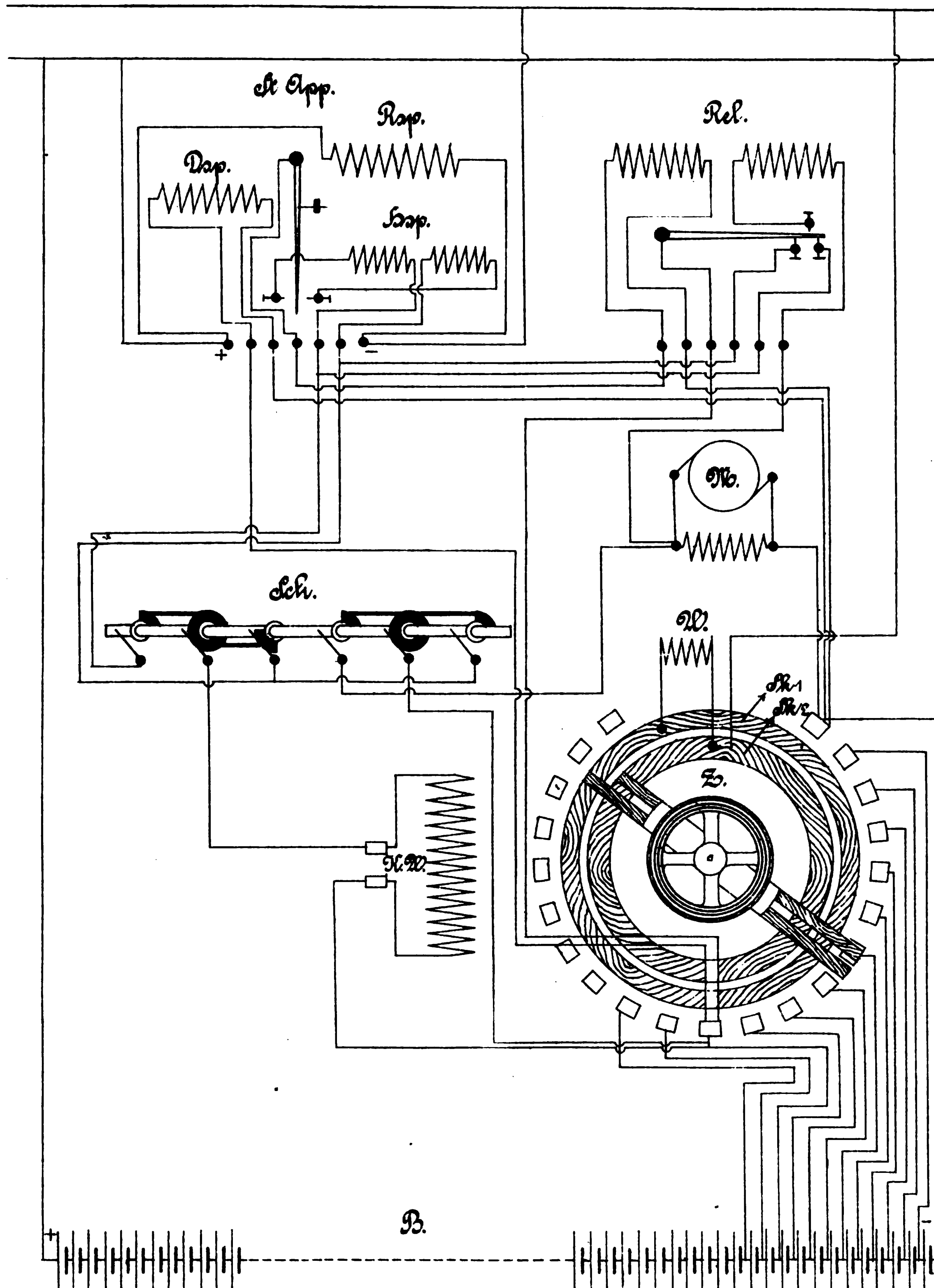
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



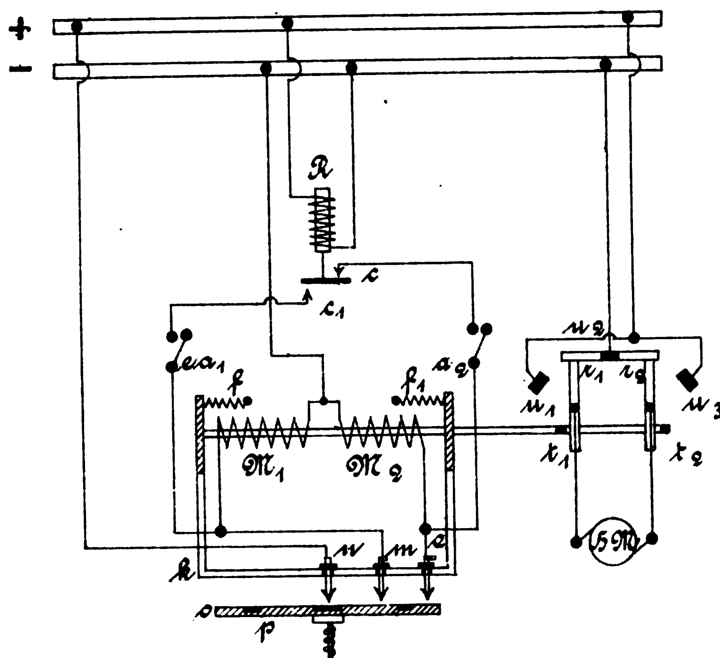
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

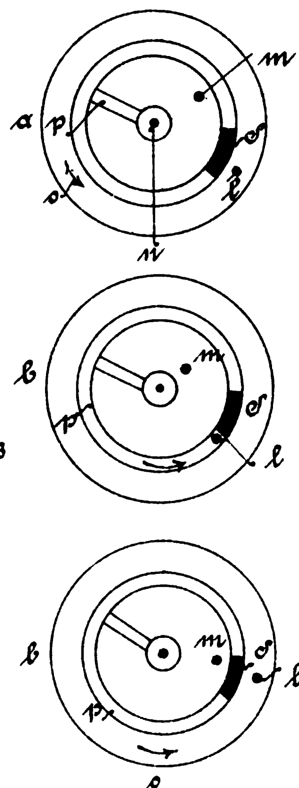
Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

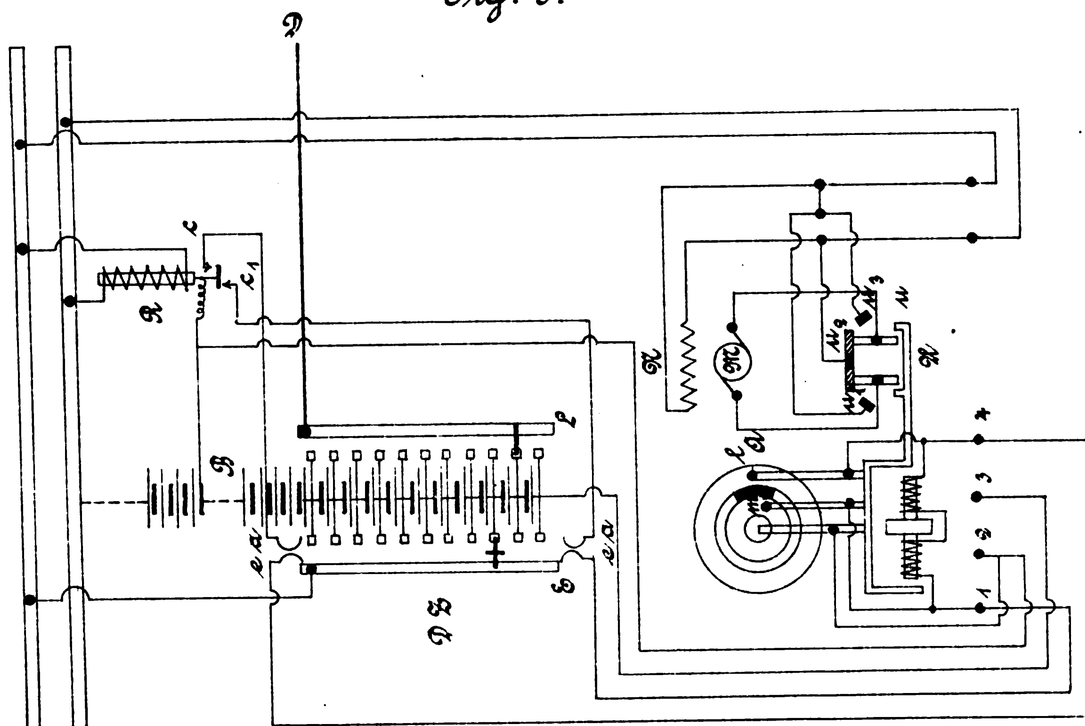


Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

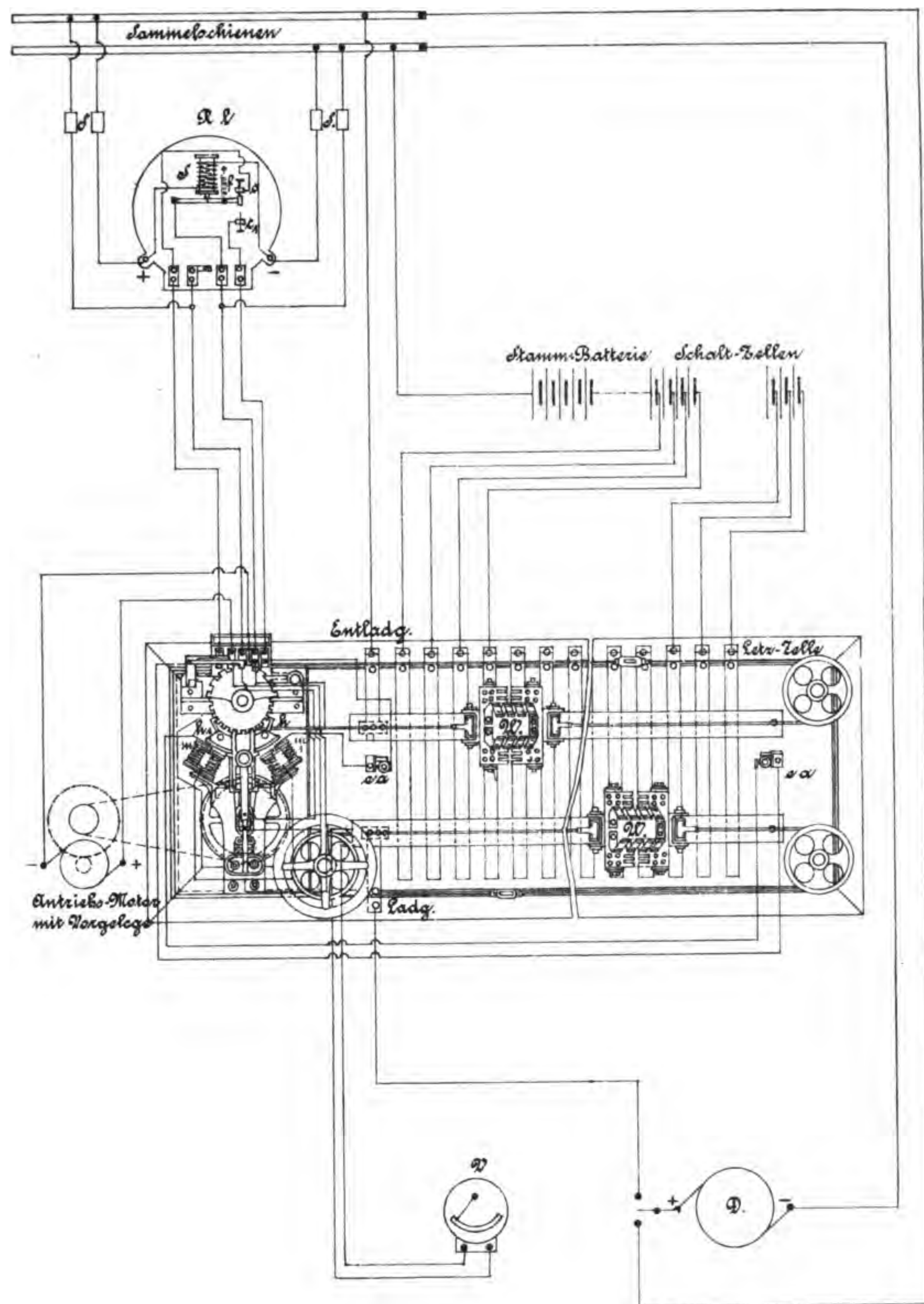






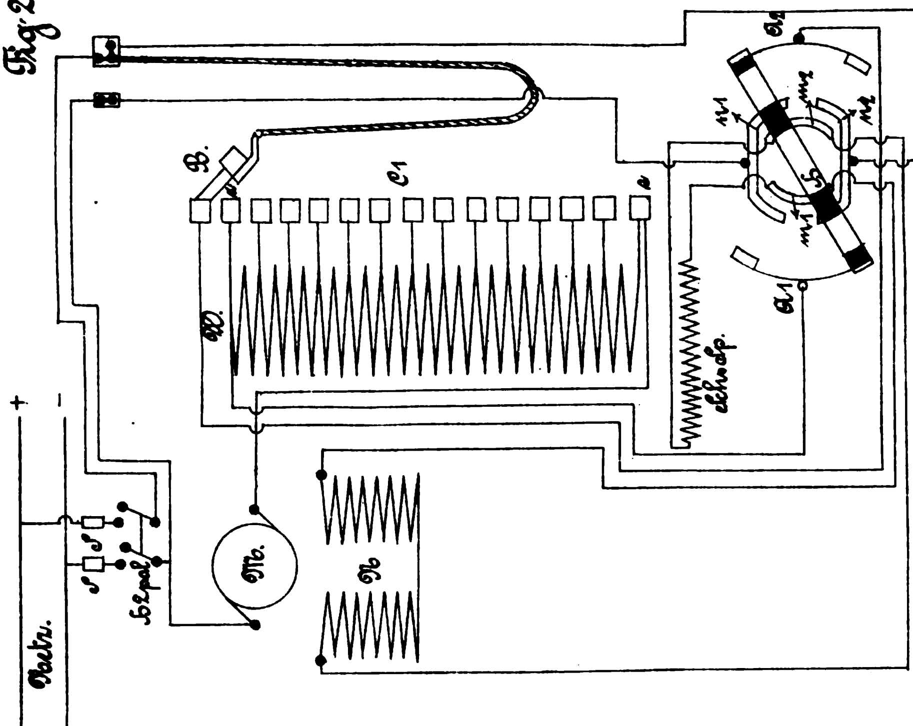
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

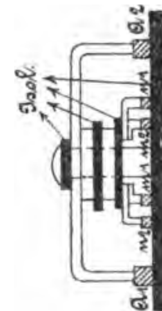
Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

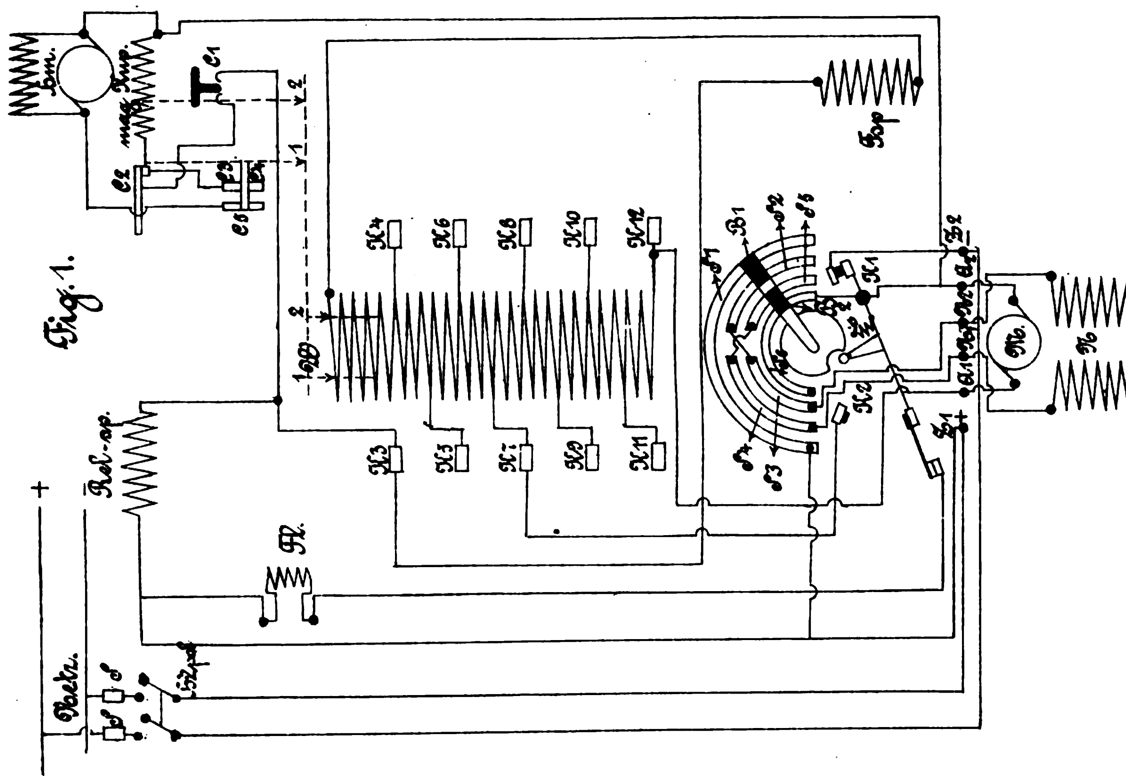


Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.







Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

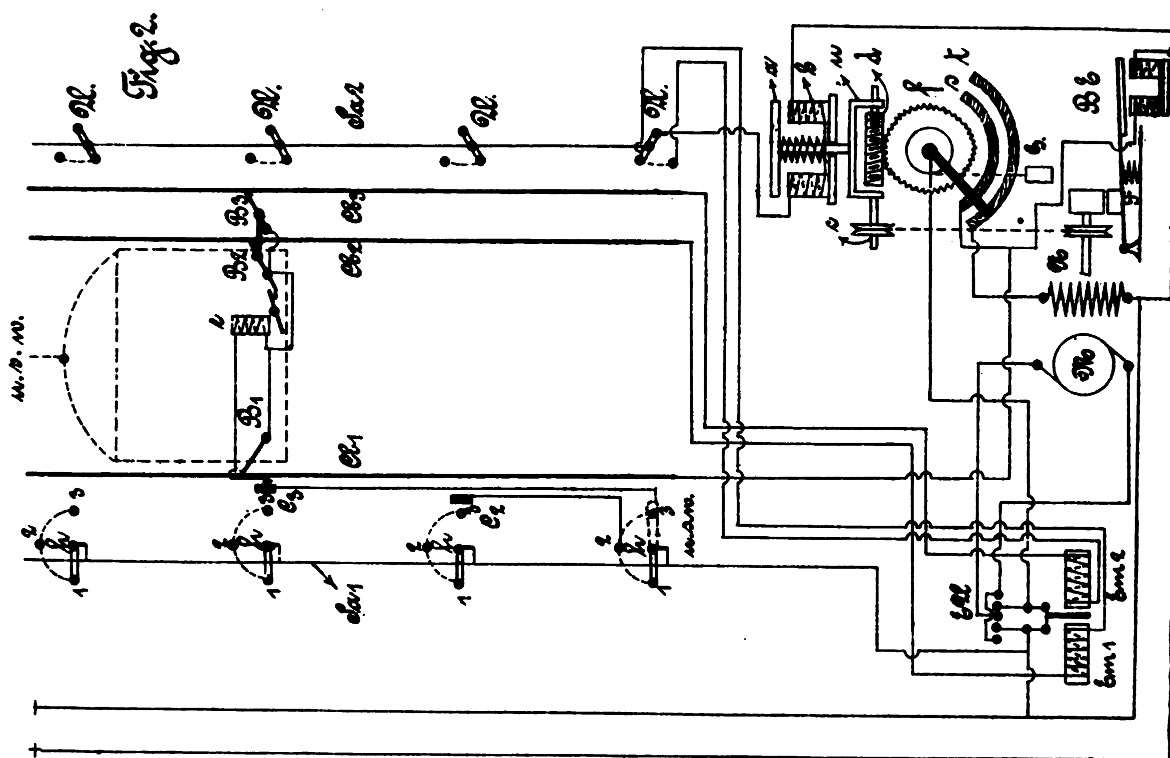


Fig. 2.

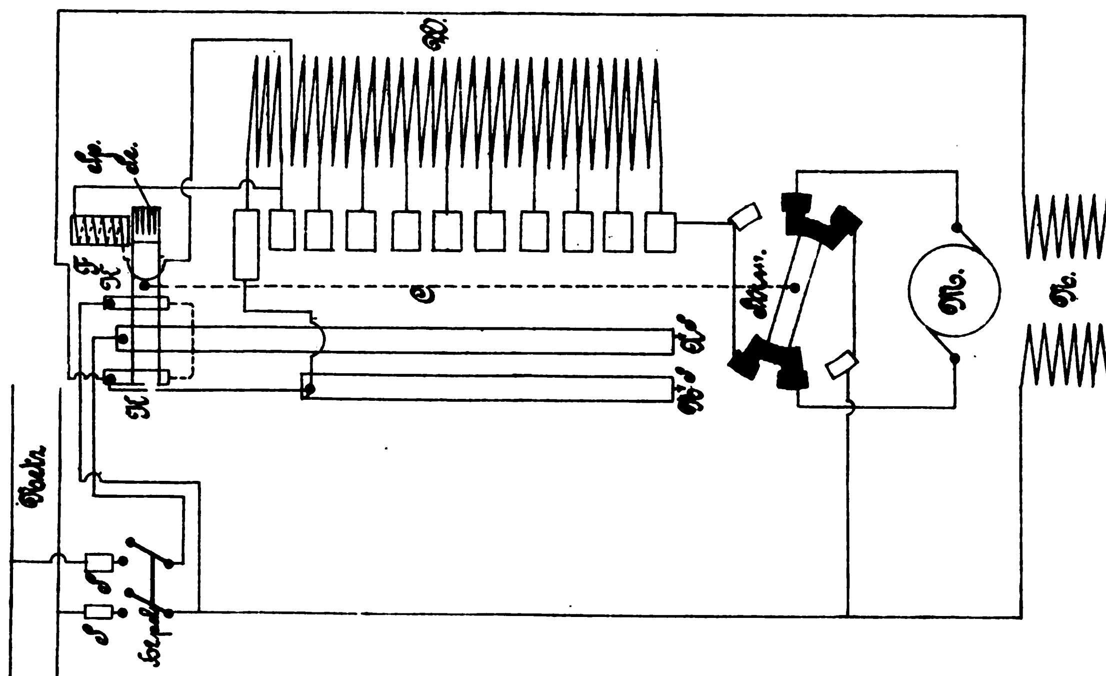
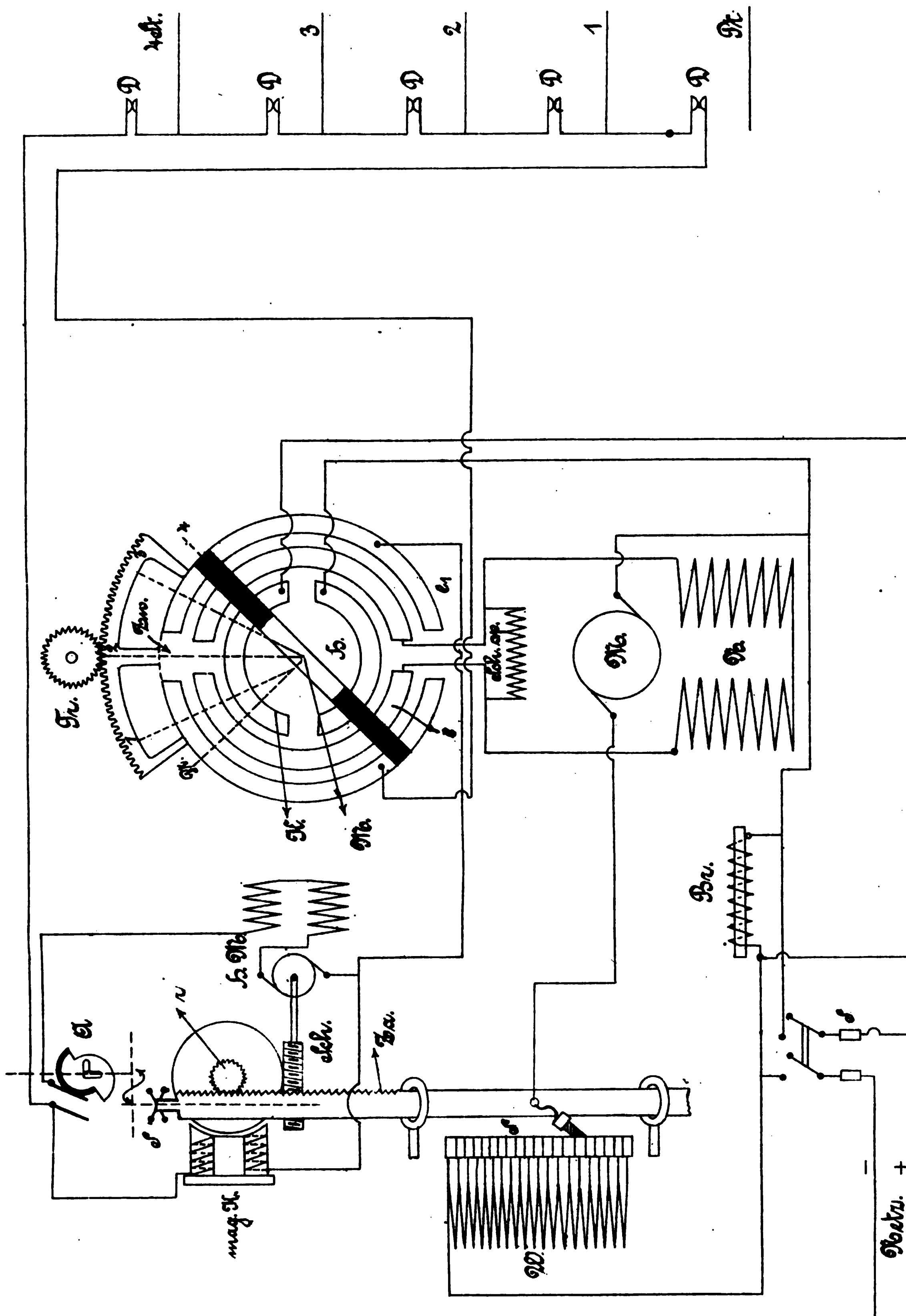


Fig. 1.

Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Fig. 1.

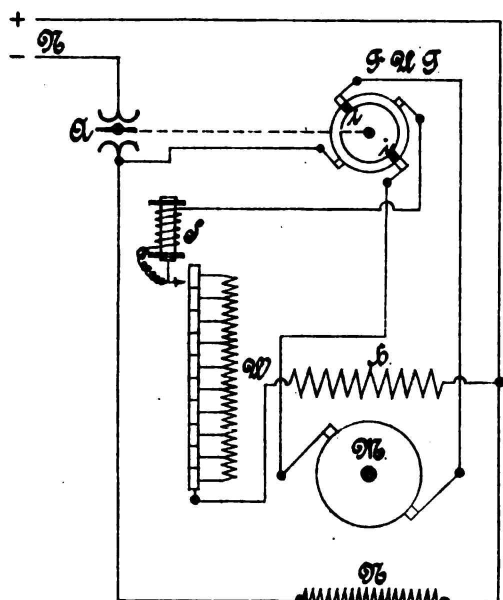


Fig. 2.

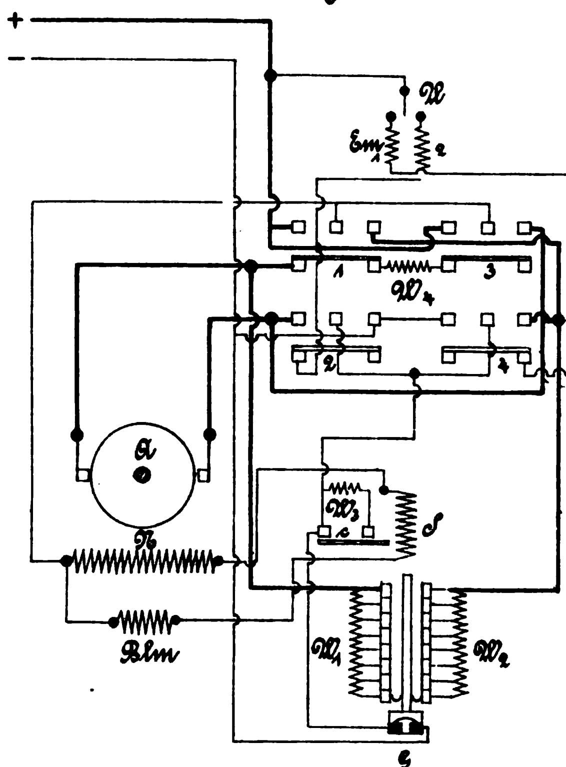


Fig. 3.

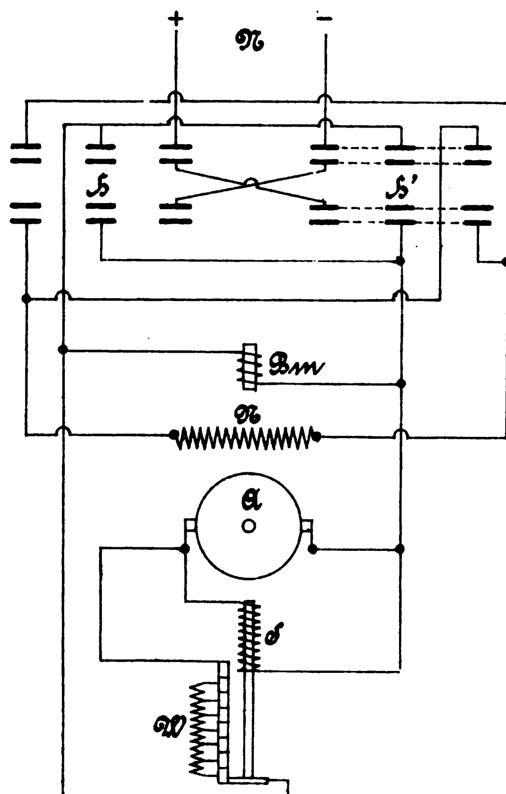
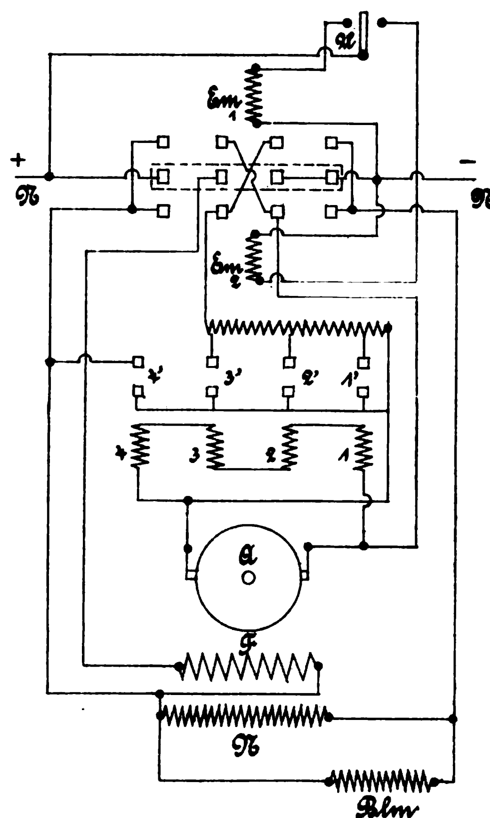
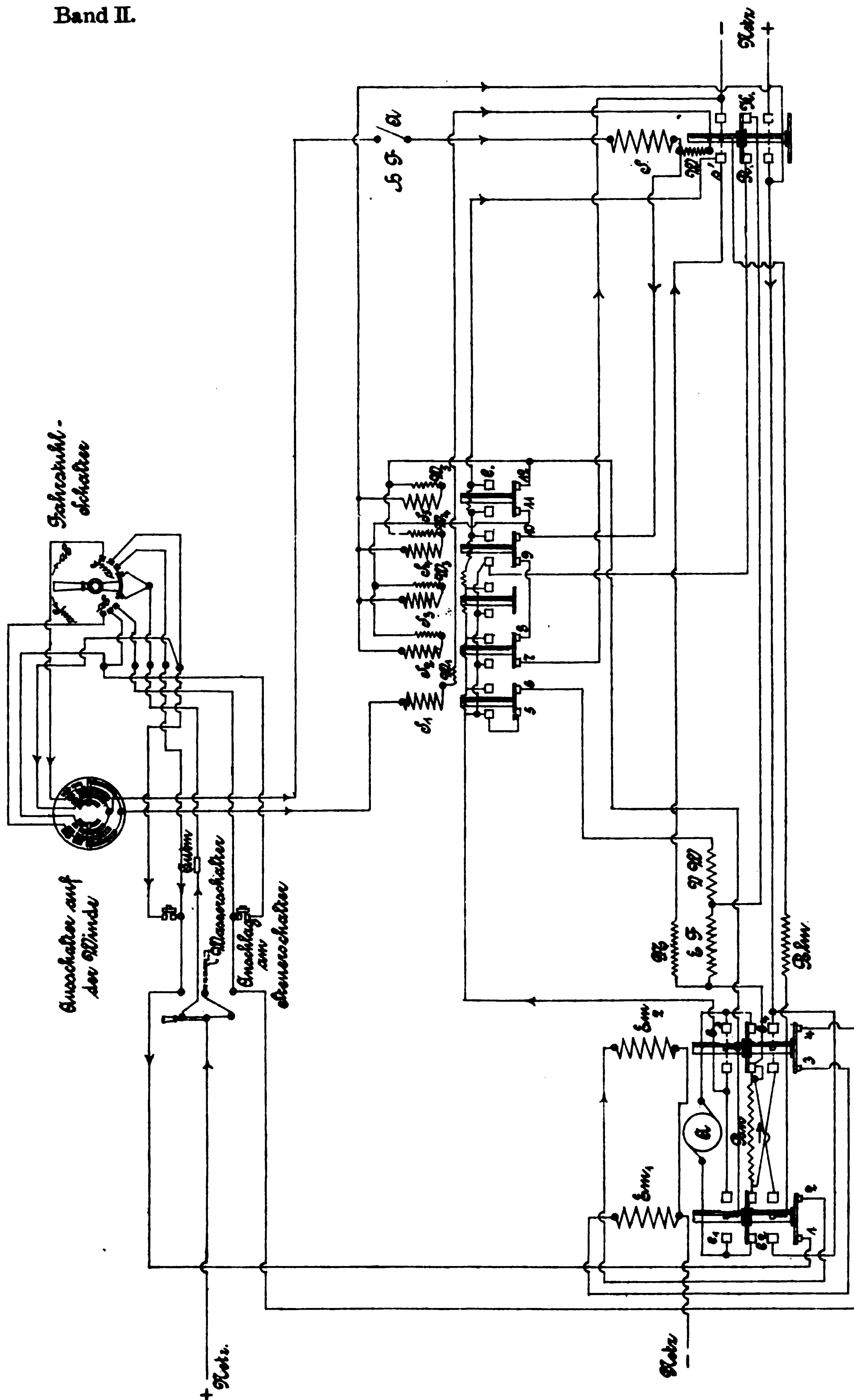


Fig. 4.



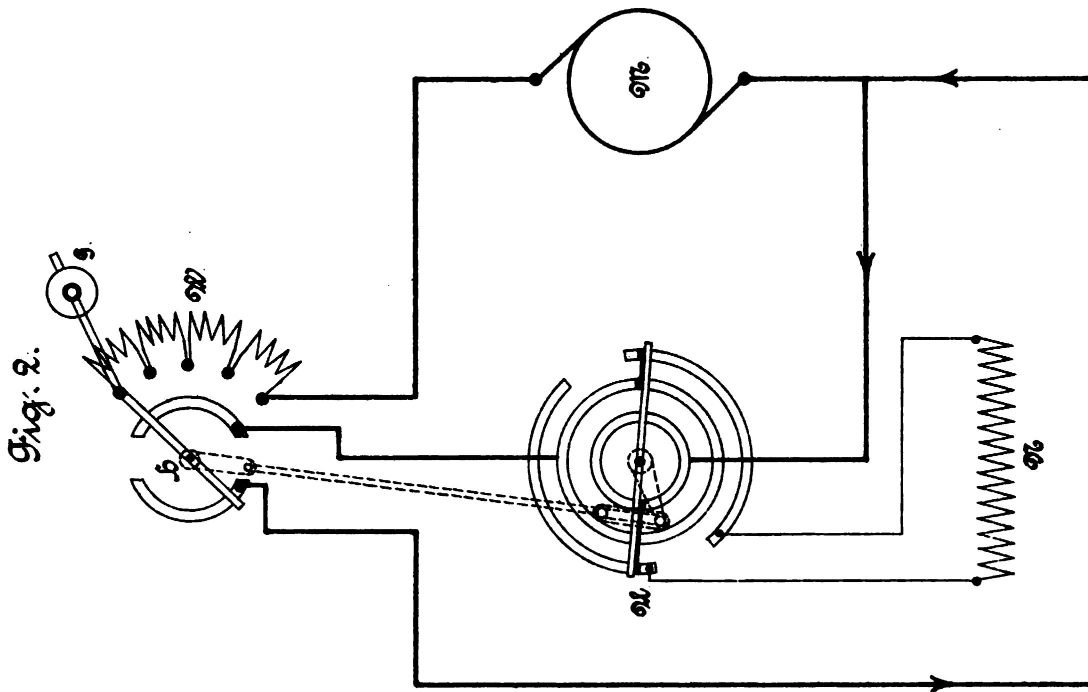
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

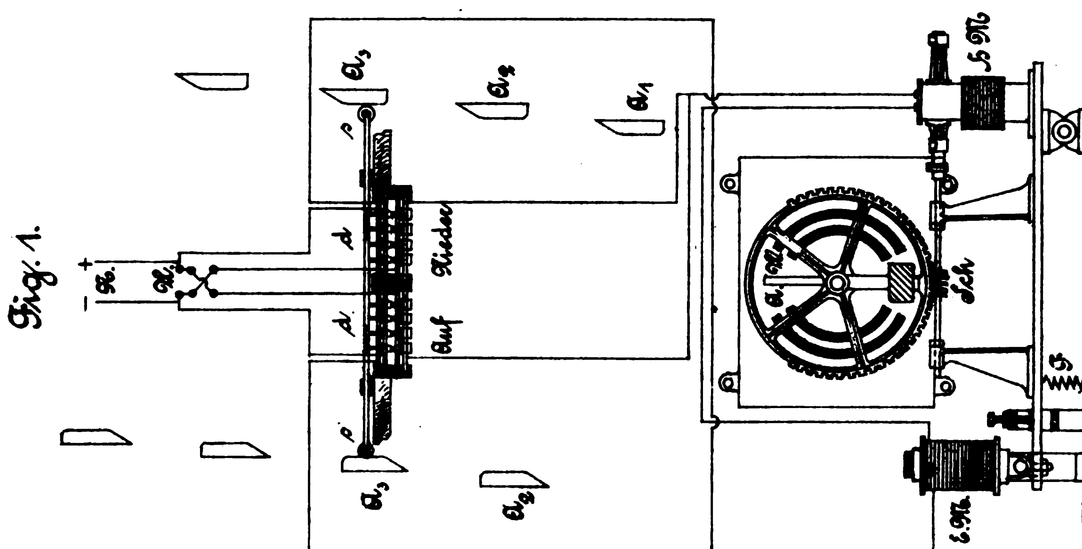
Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung. Berlin S.W. 61.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.





Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Fig. 1.

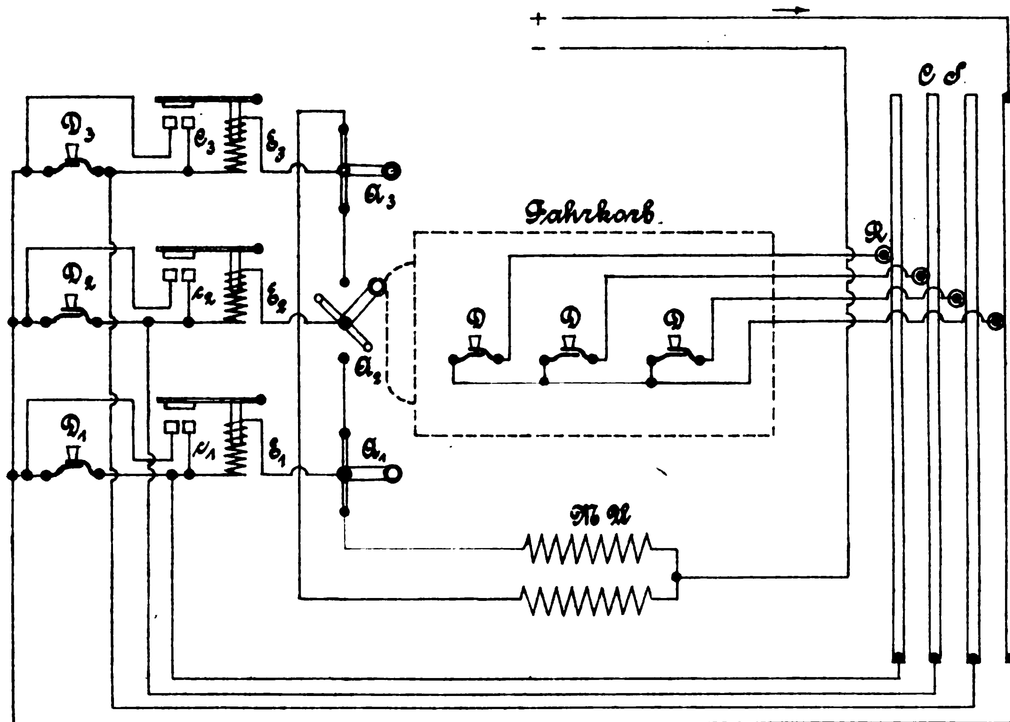
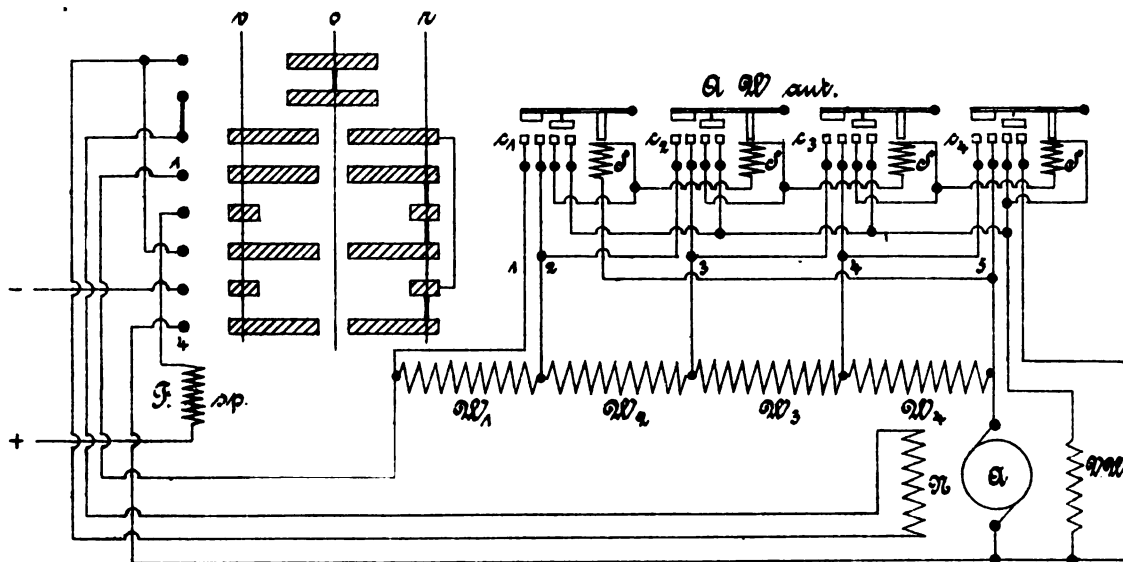
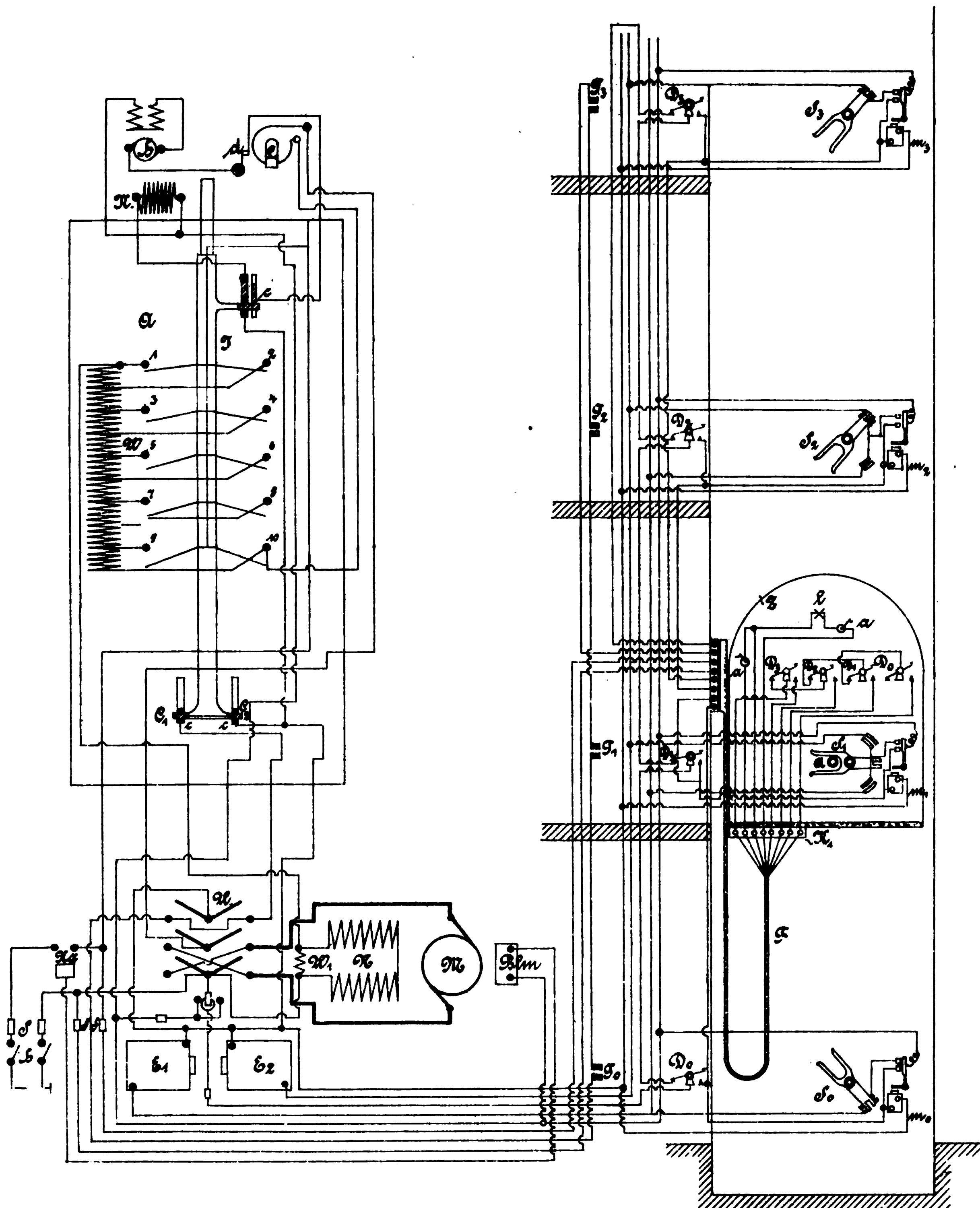


Fig. 2.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Fig. 1.

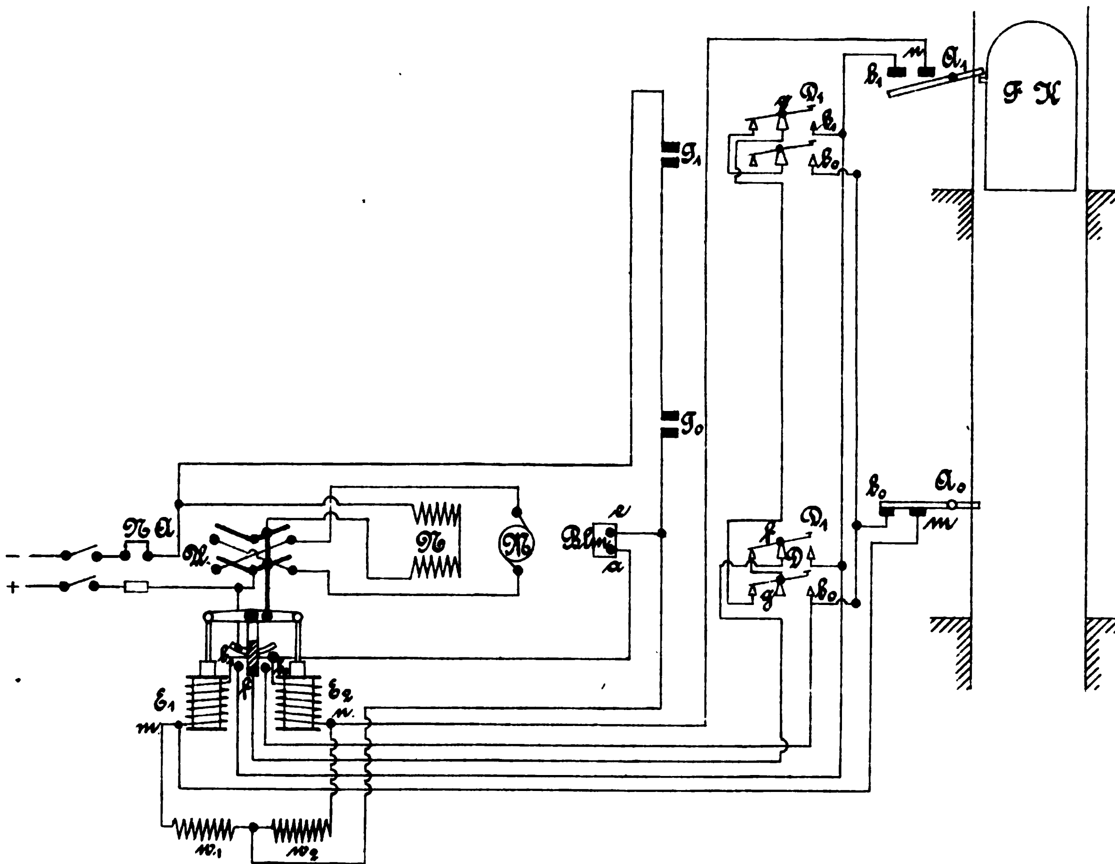
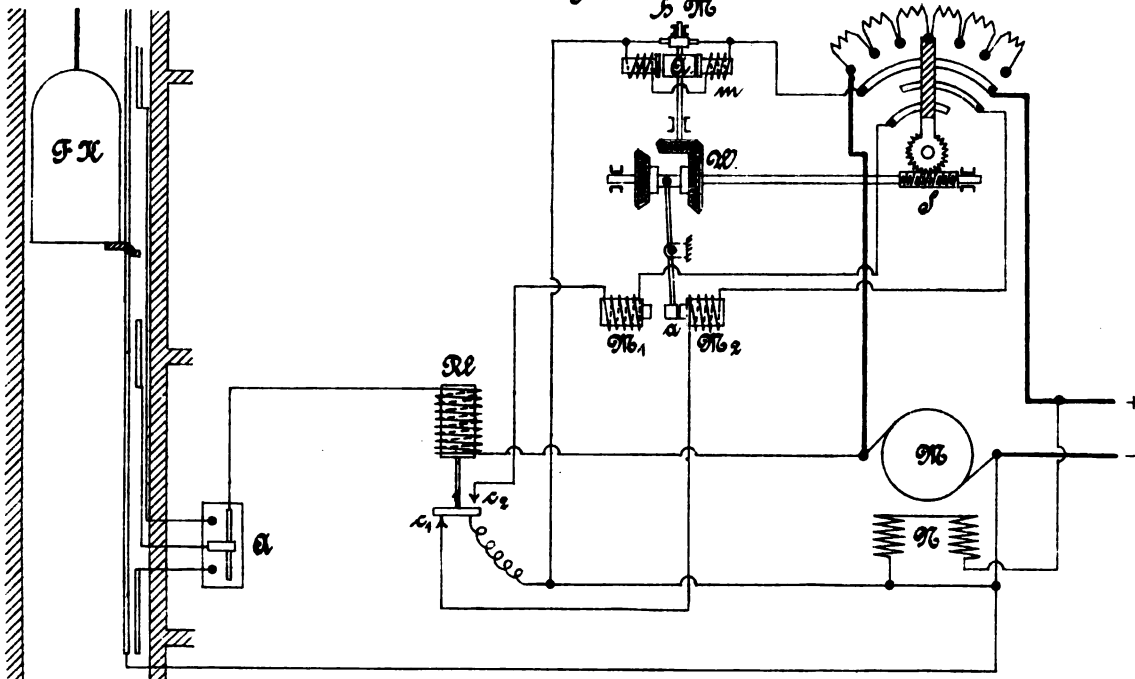
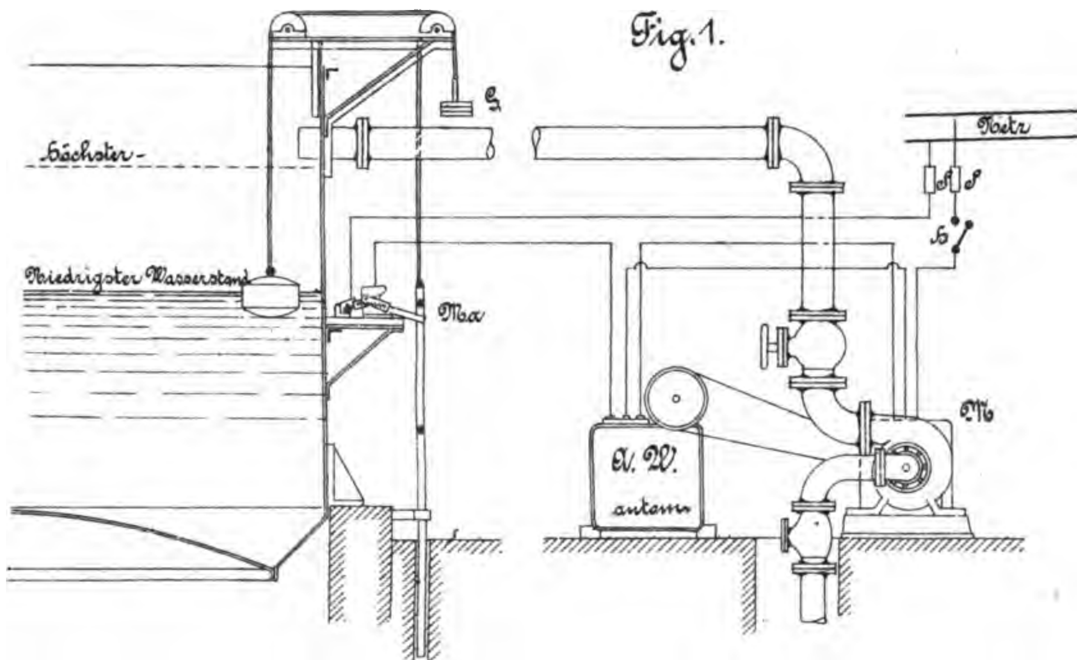


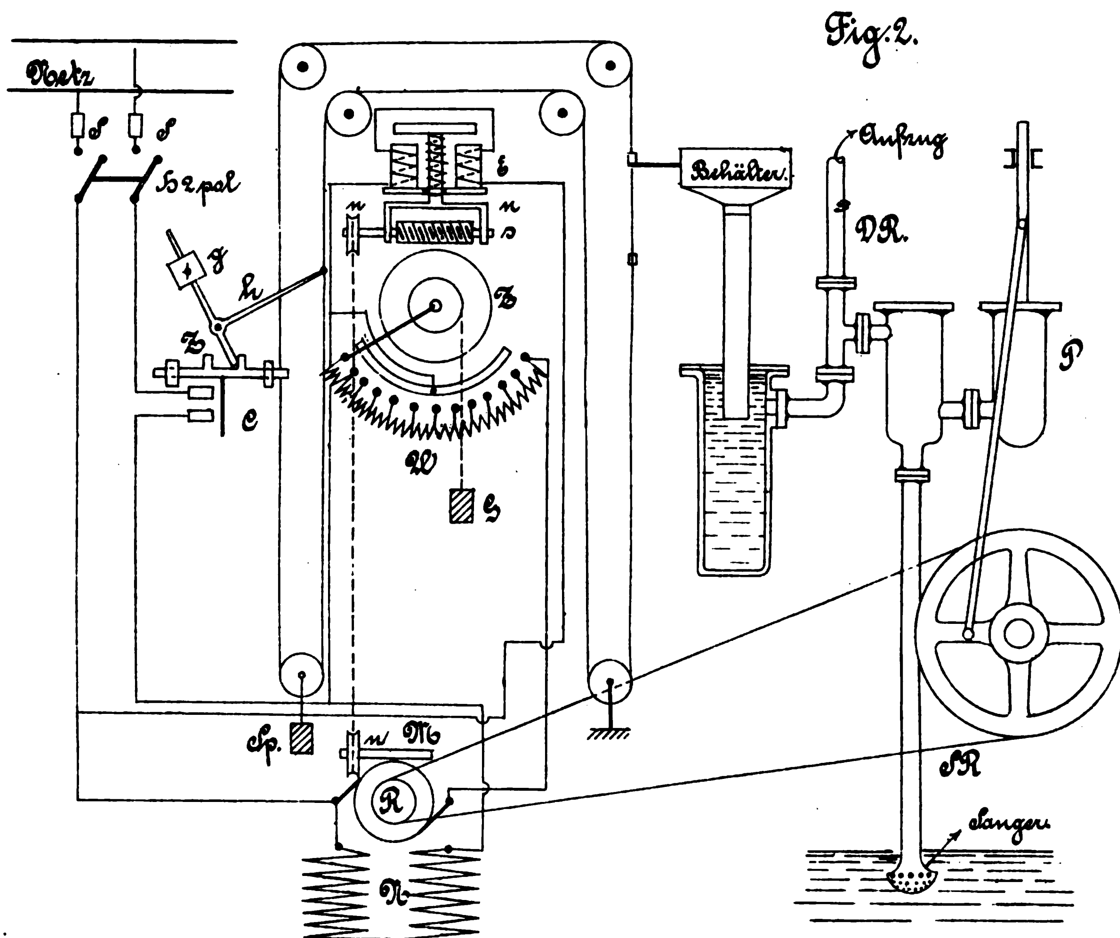
Fig. 2.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

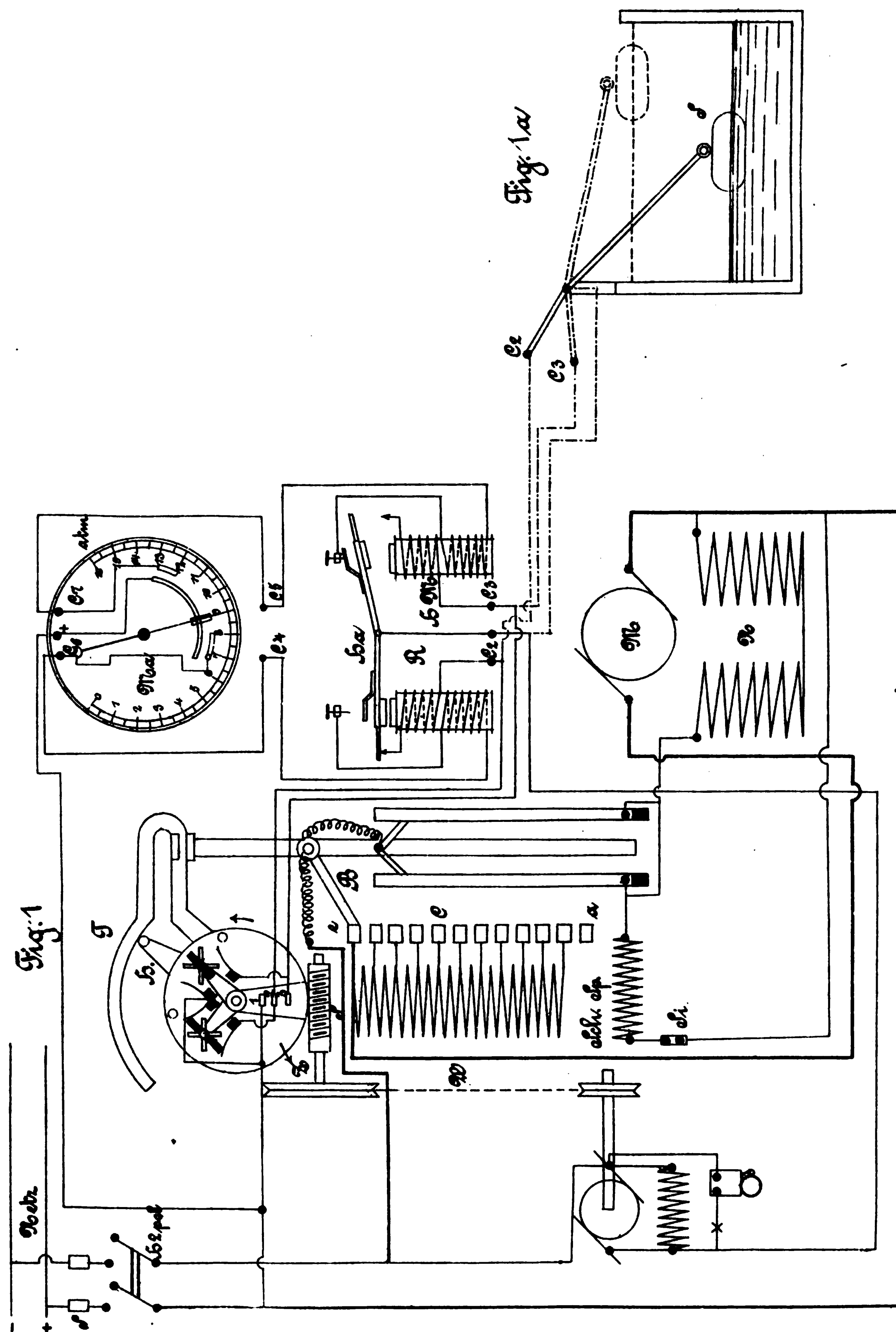
Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.





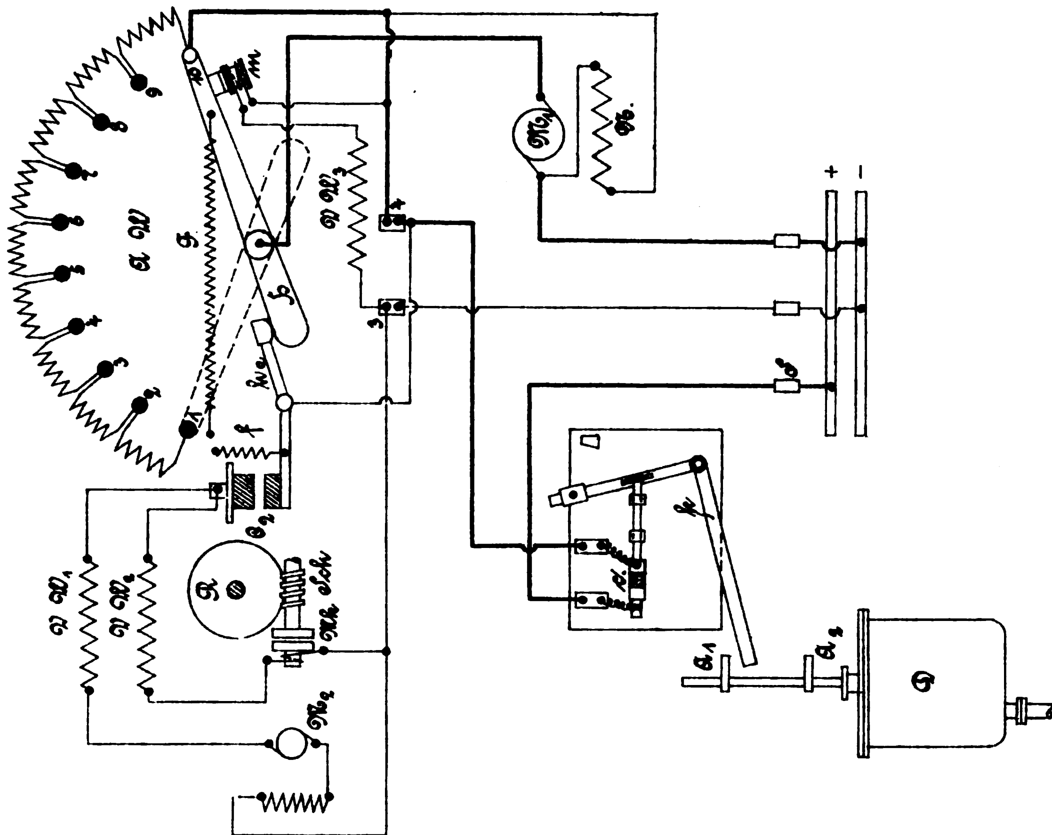
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

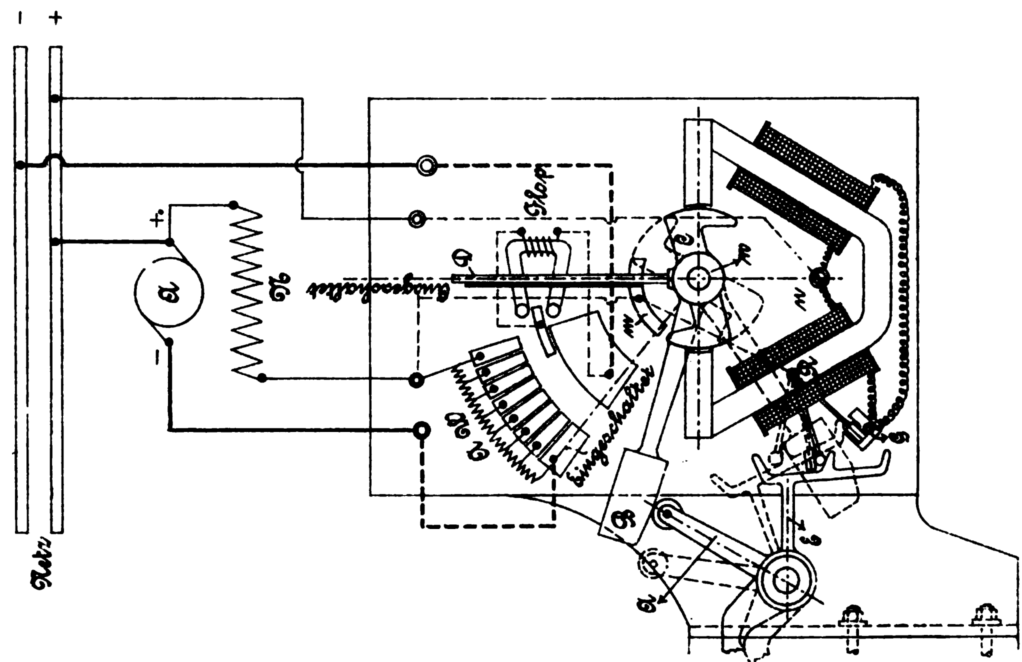
Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

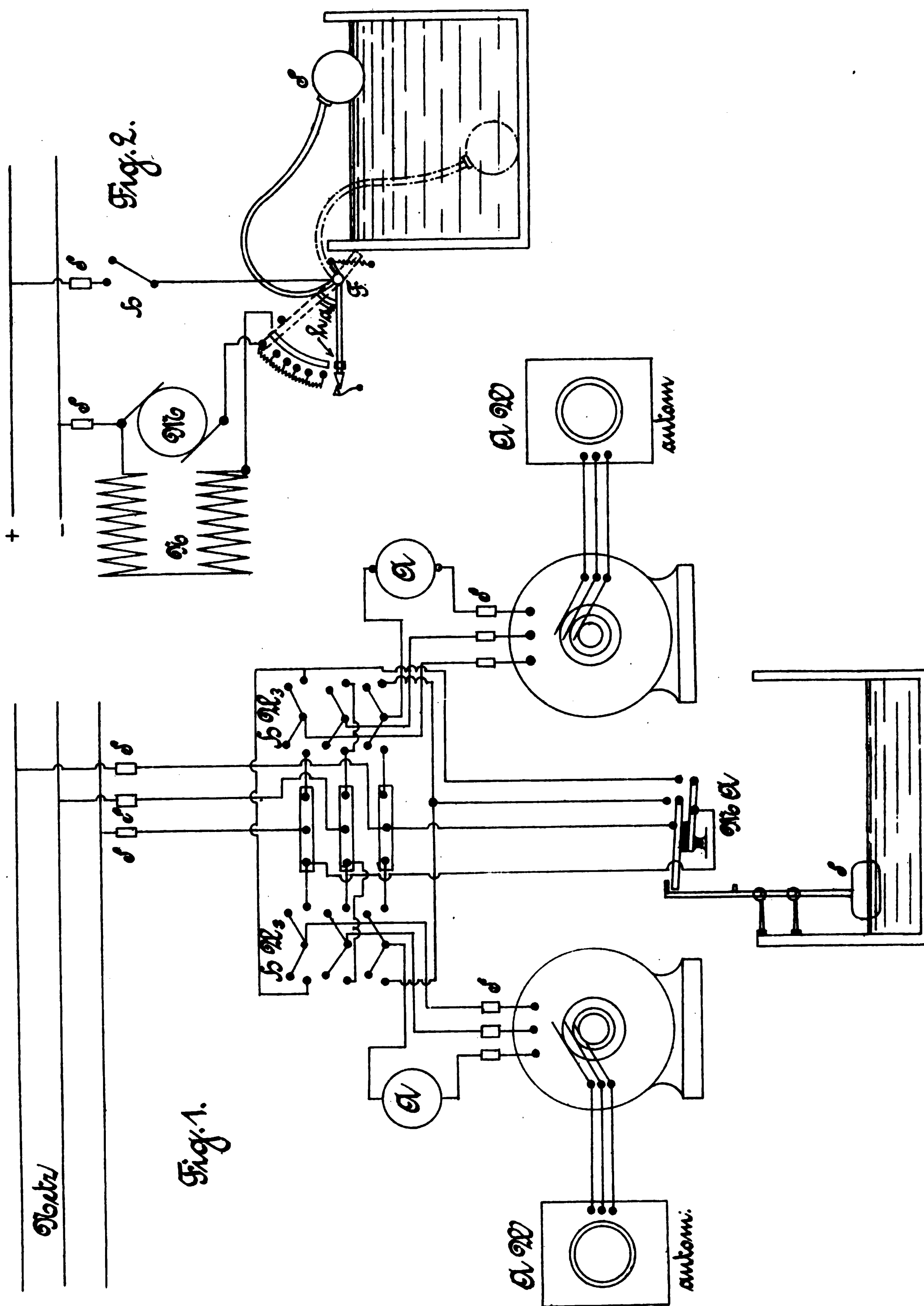
Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.





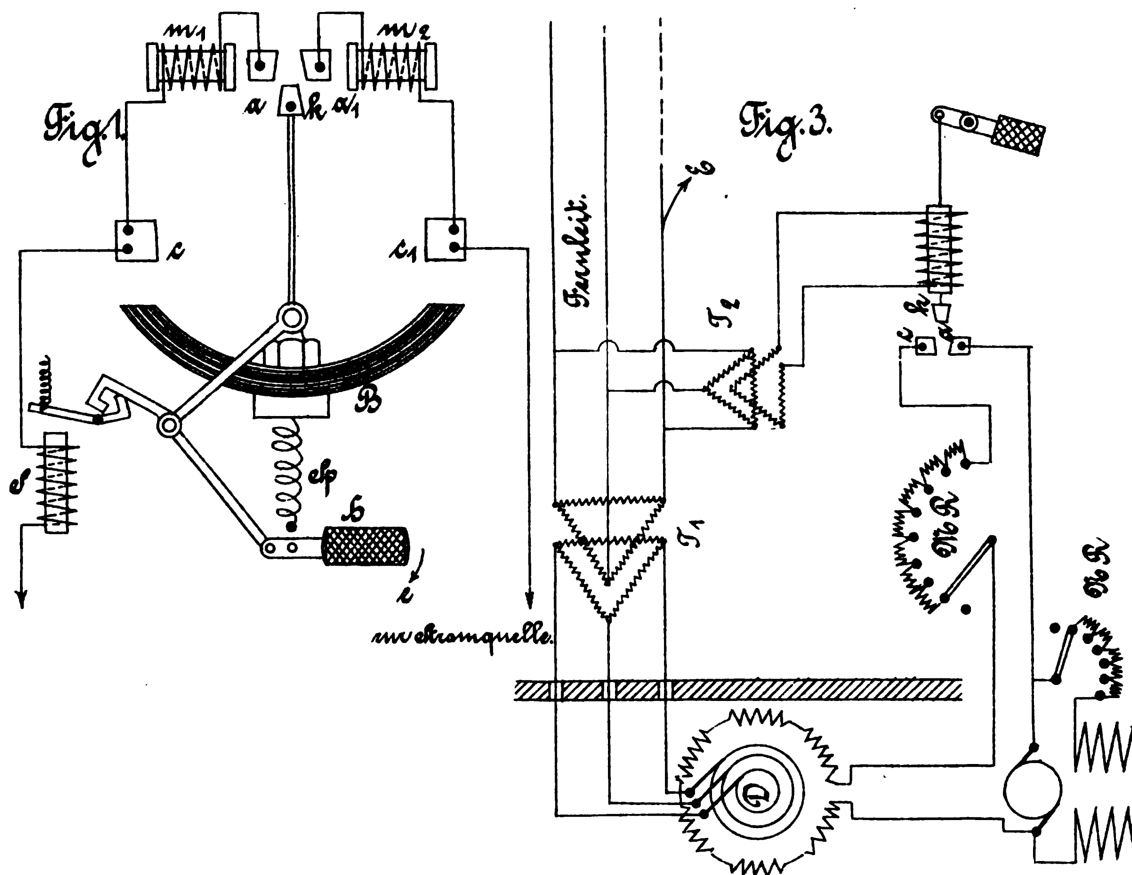
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

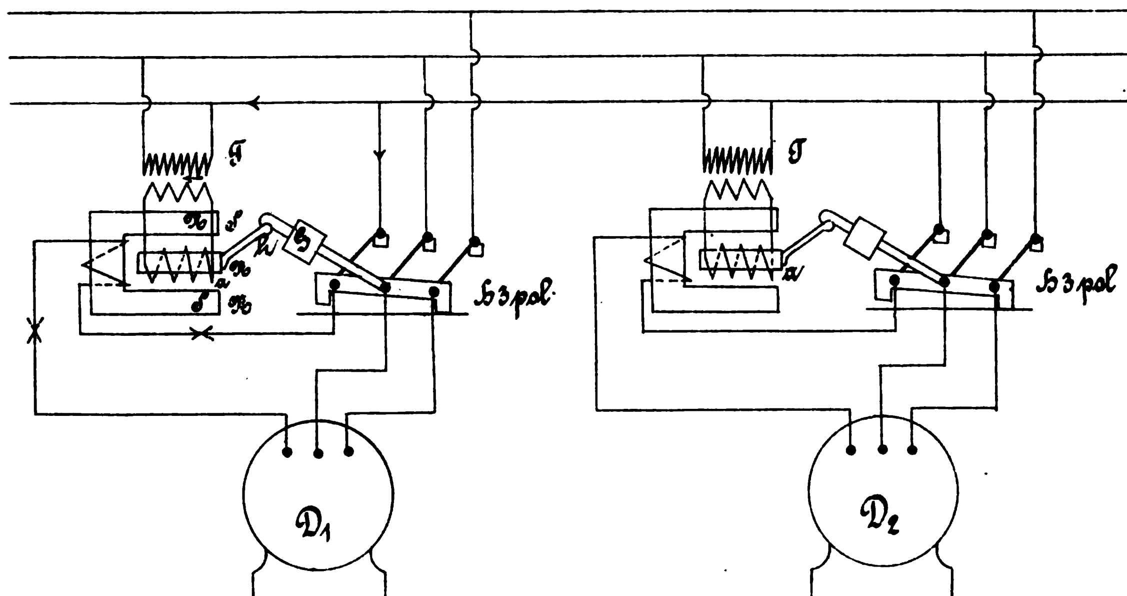
Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

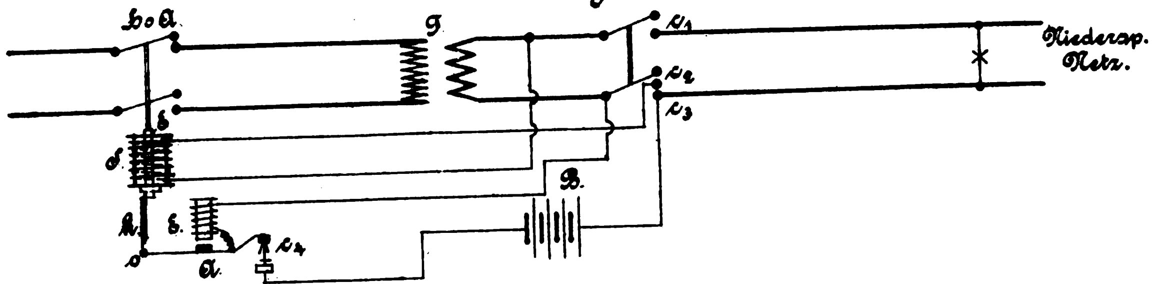
Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

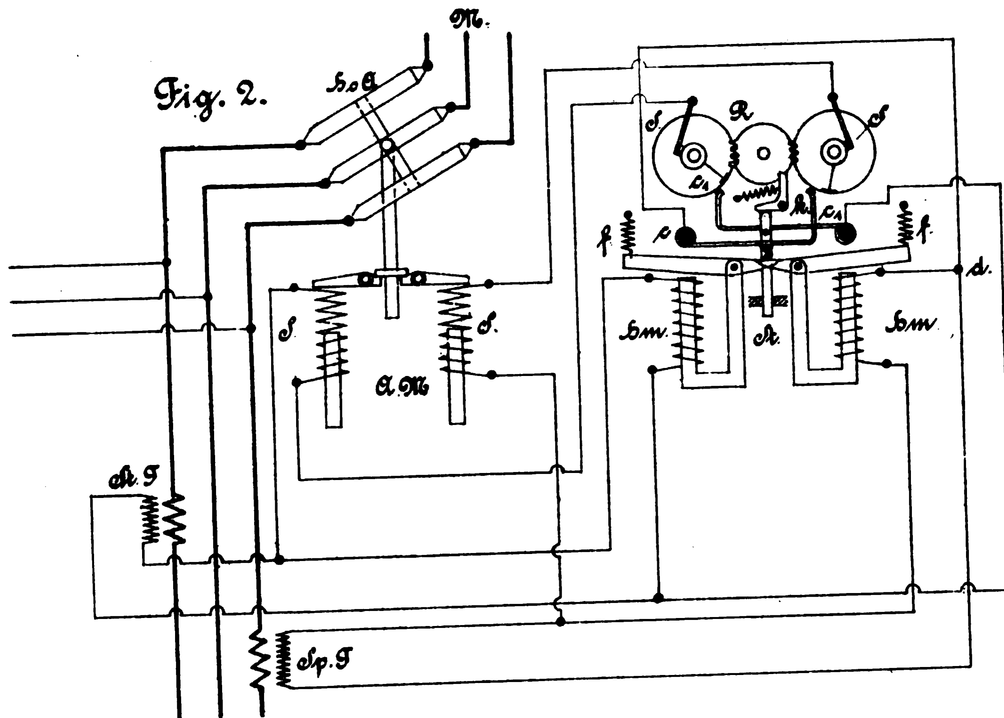


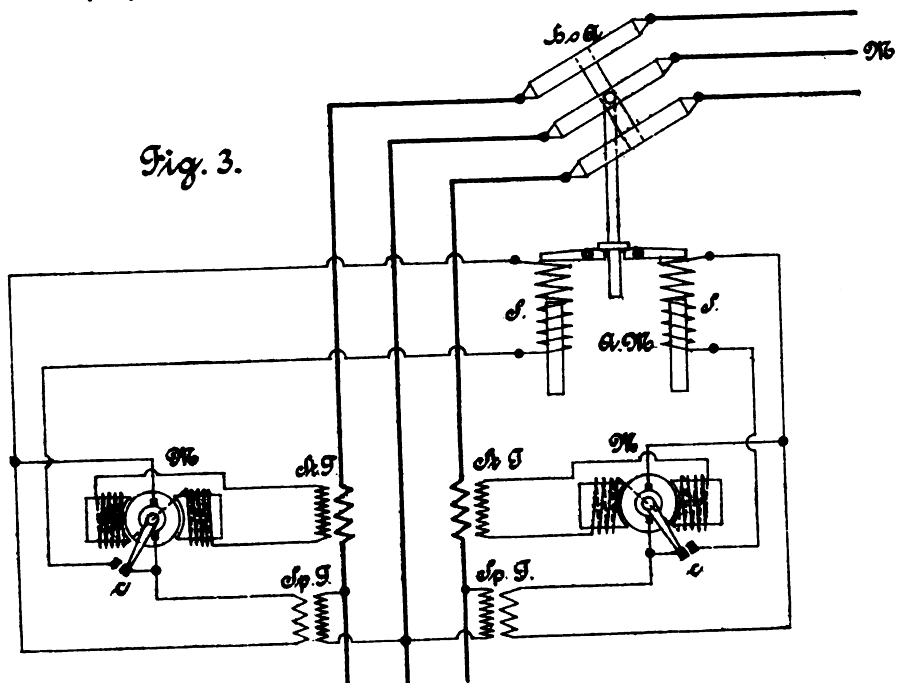


Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.







Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

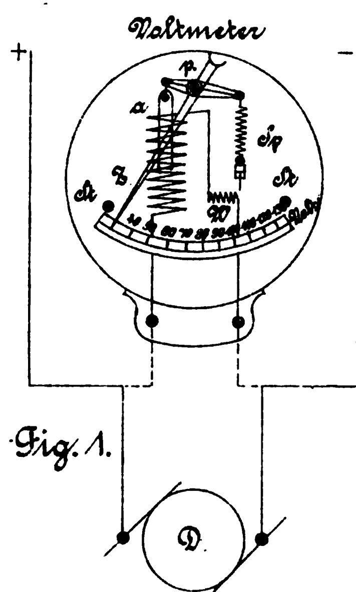


Fig. 1.

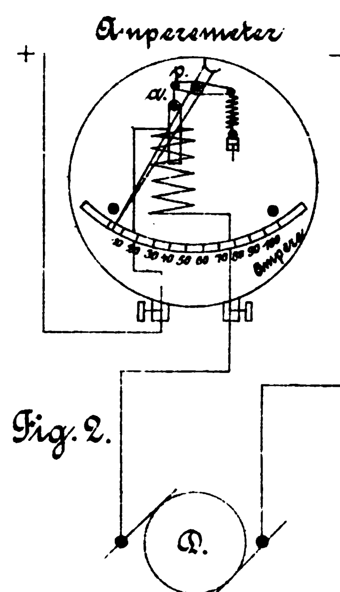


Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

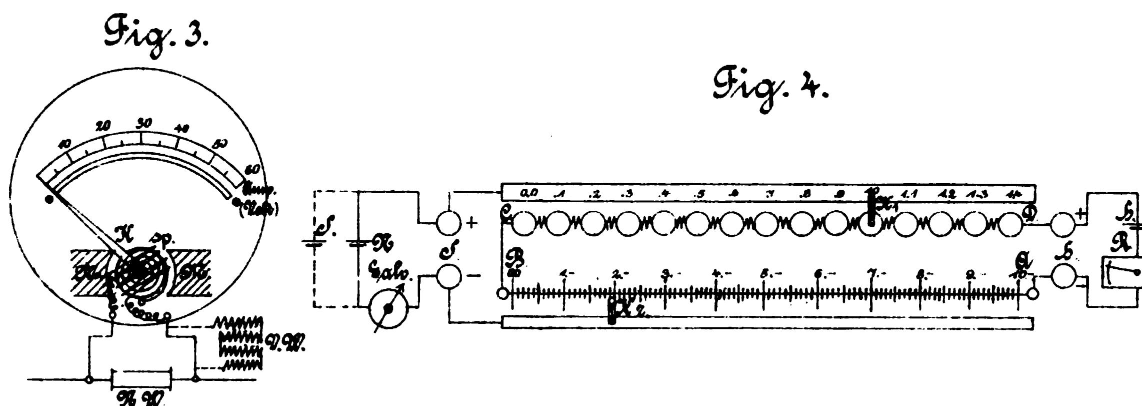


Fig. 5.

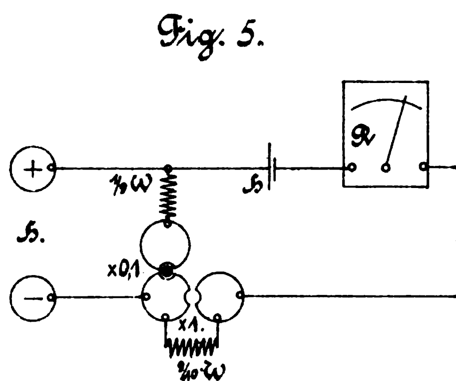
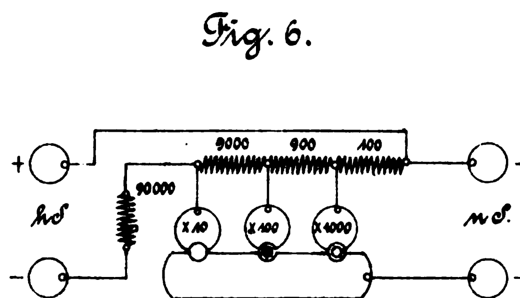
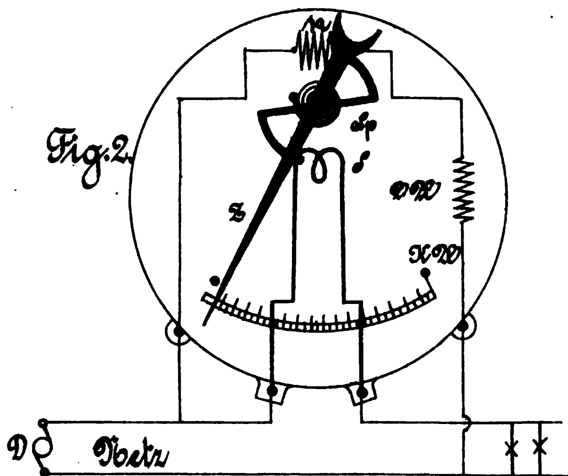


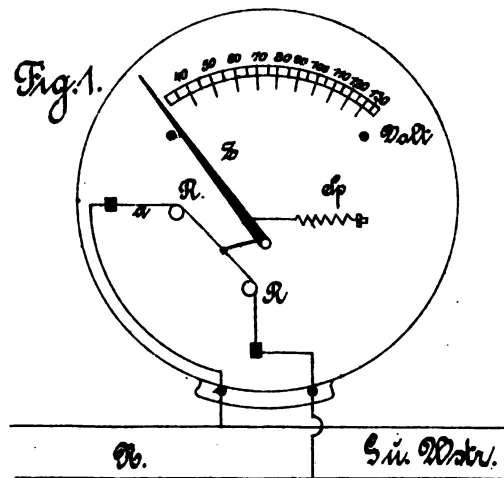
Fig. 6.

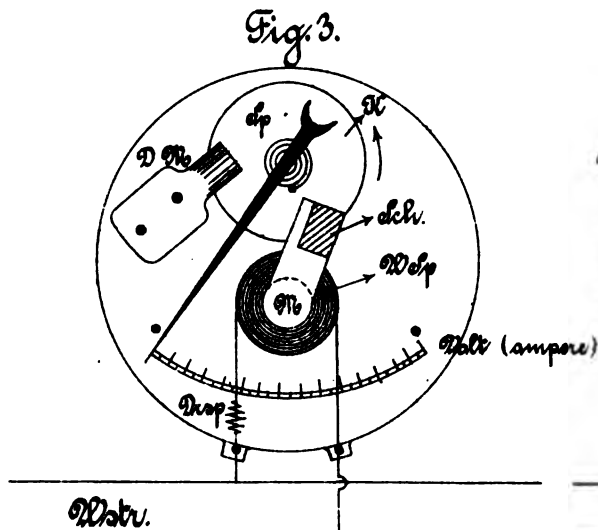


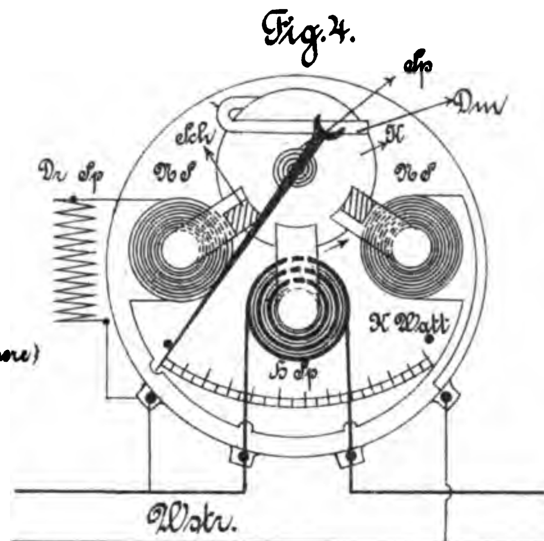
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

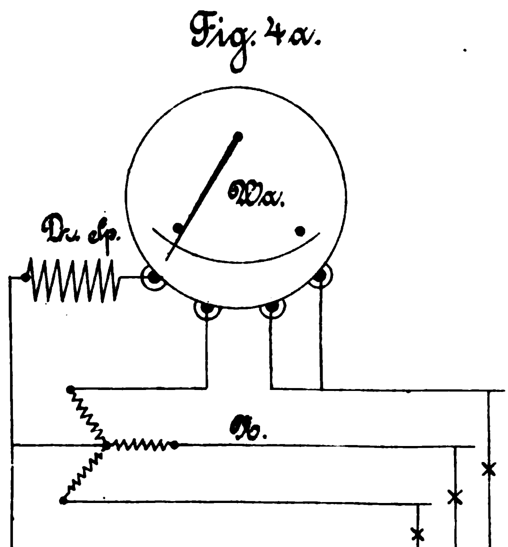
Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

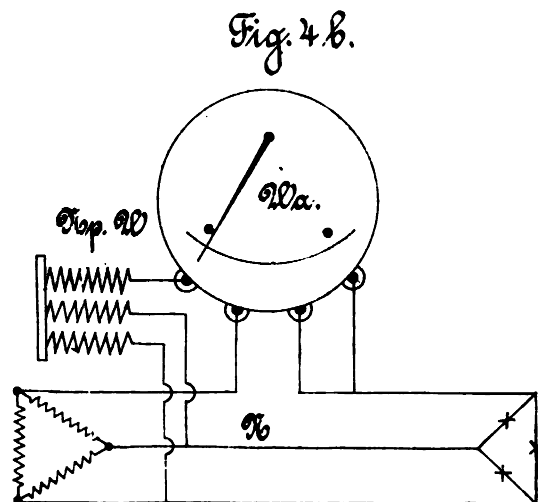






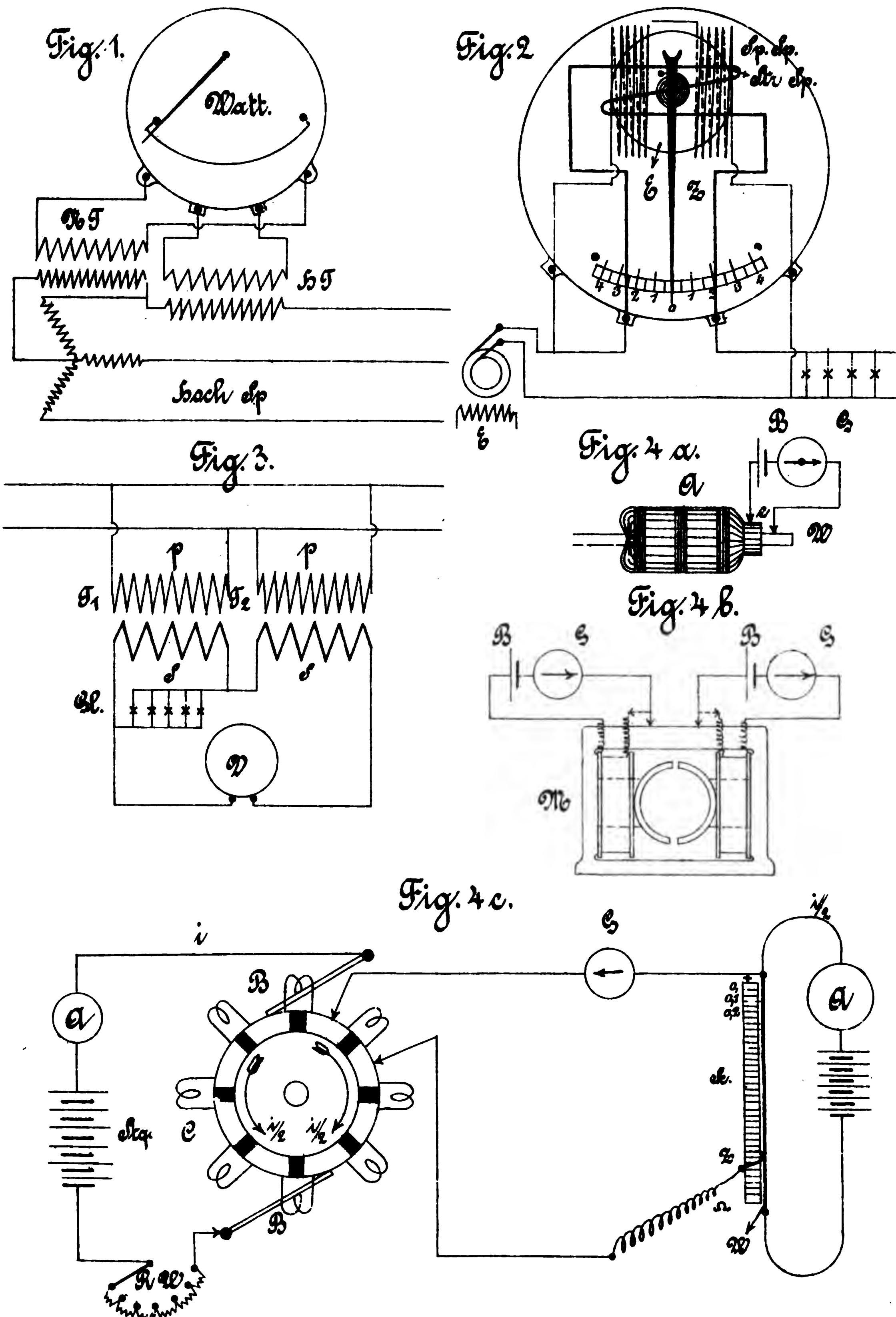






Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Fig. 1.

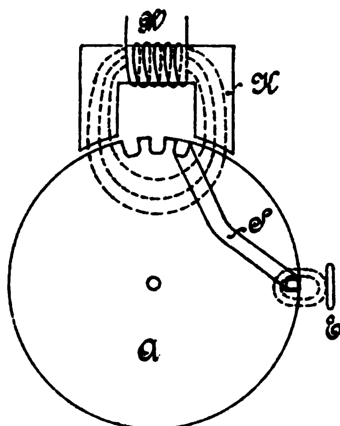


Fig. 2.

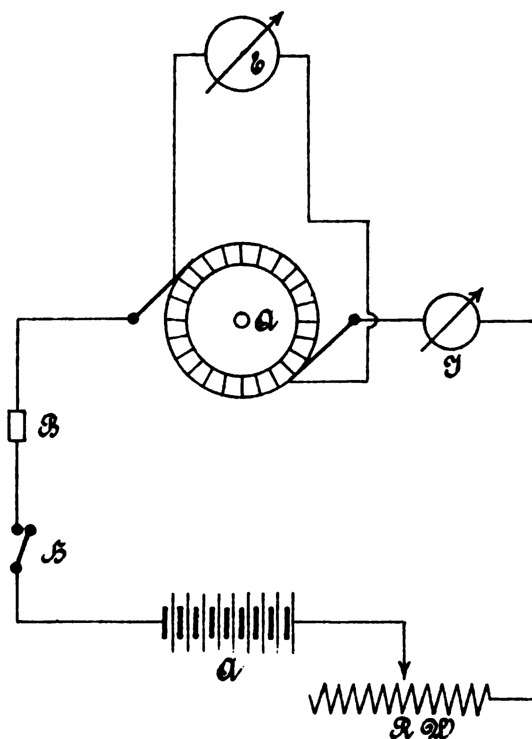


Fig. 3.

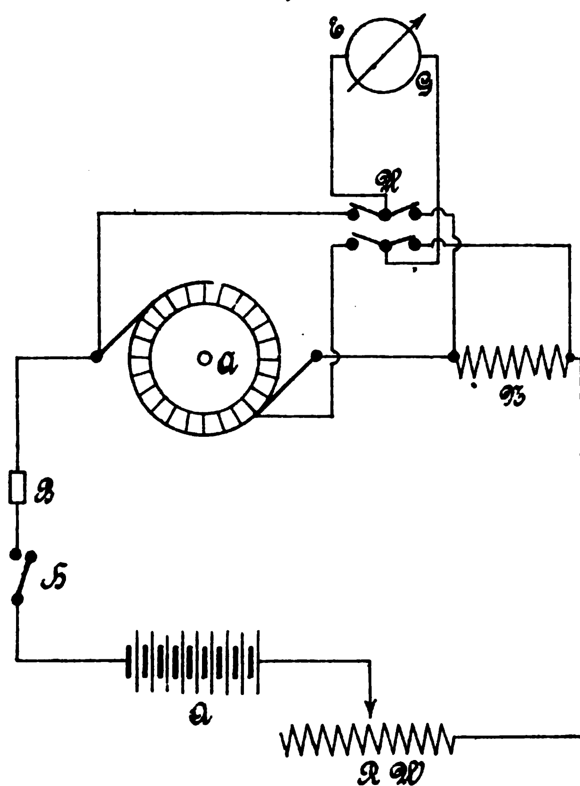
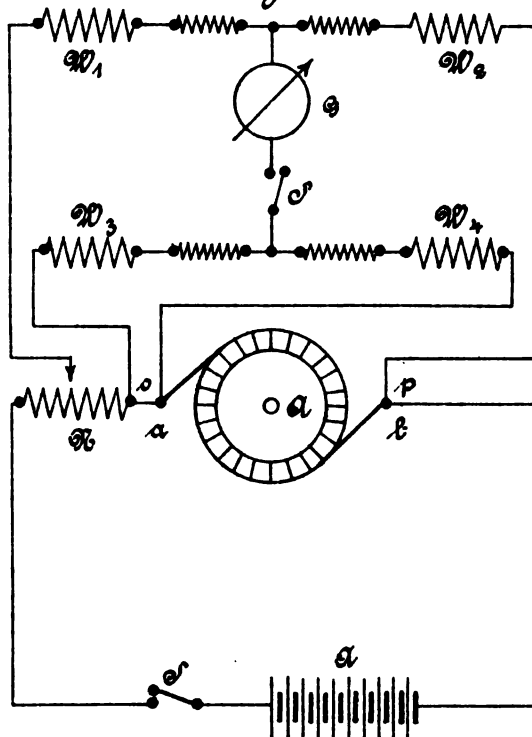
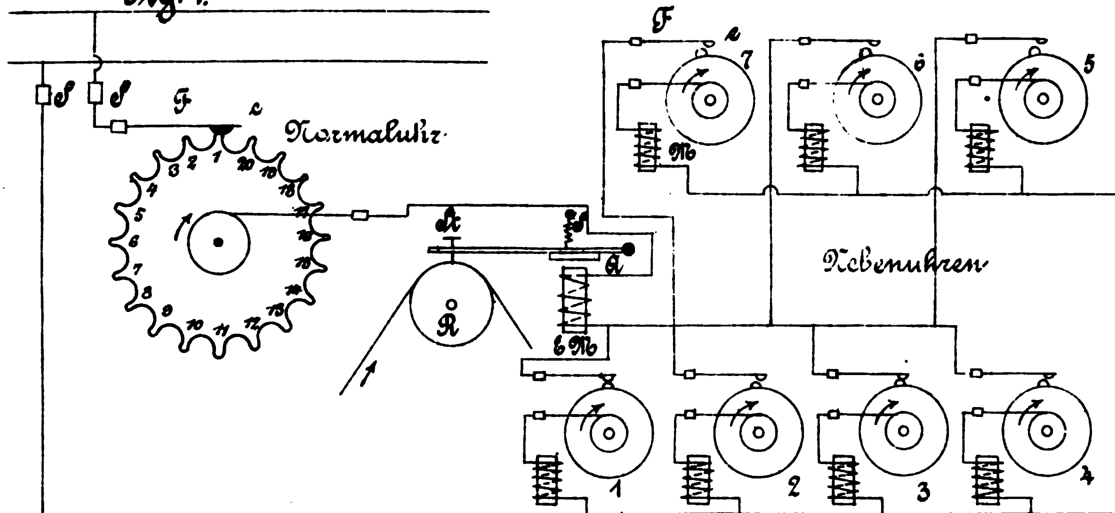


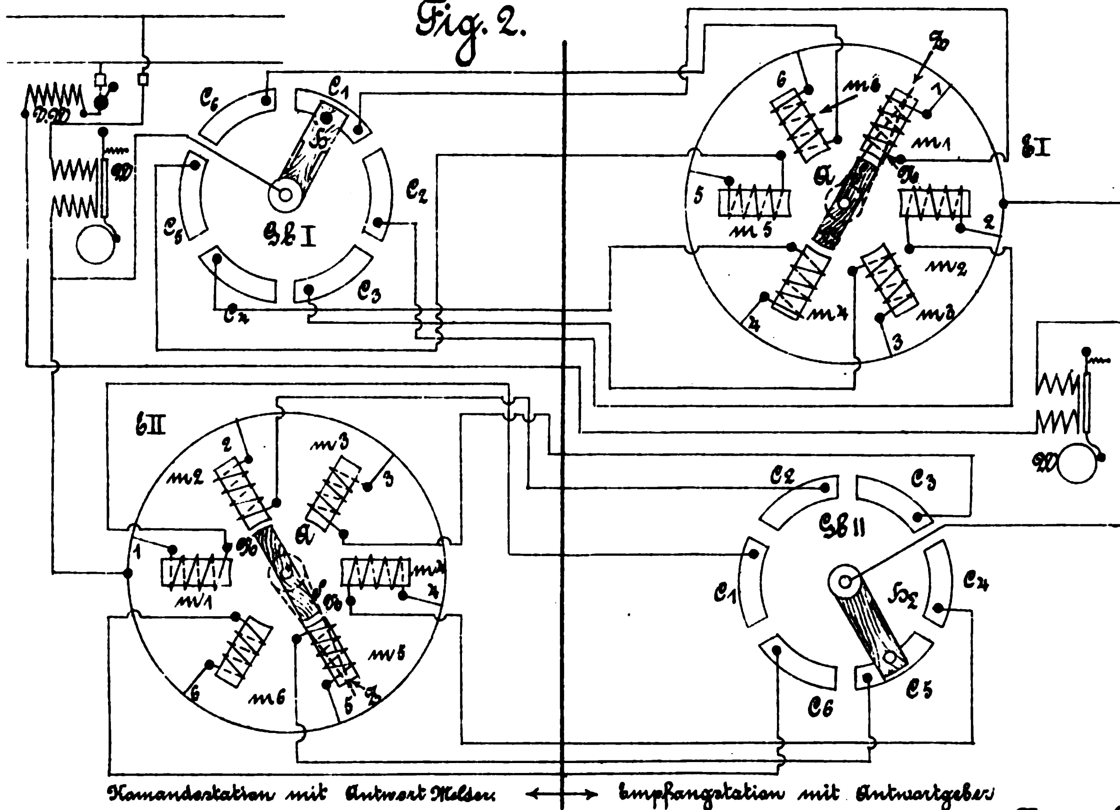
Fig. 4.

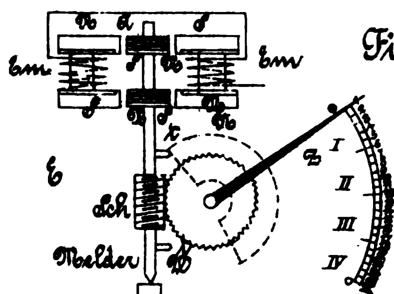


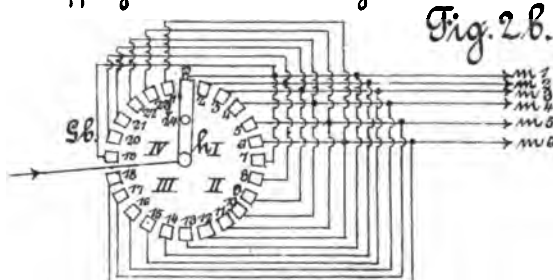
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



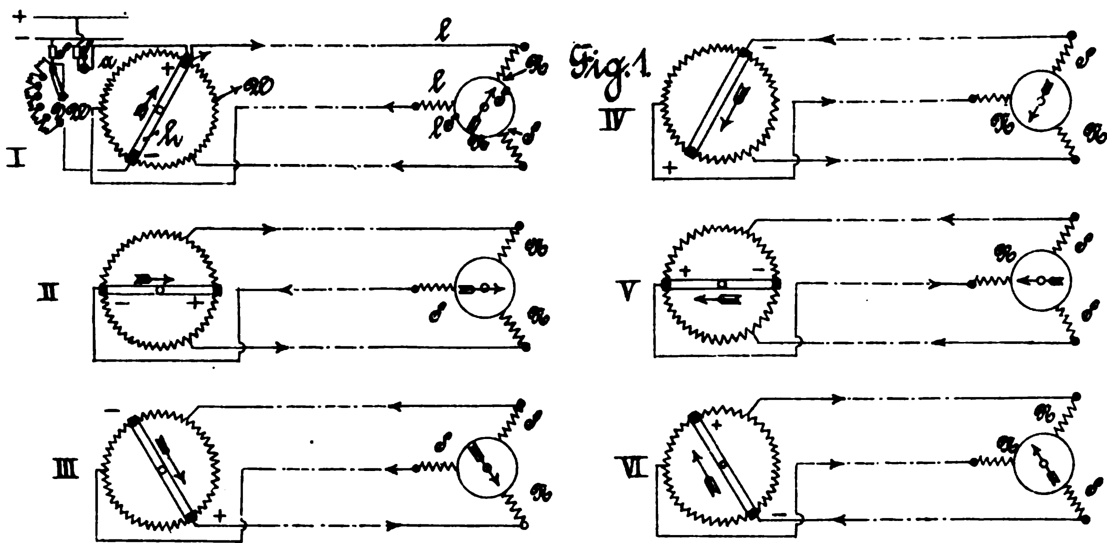


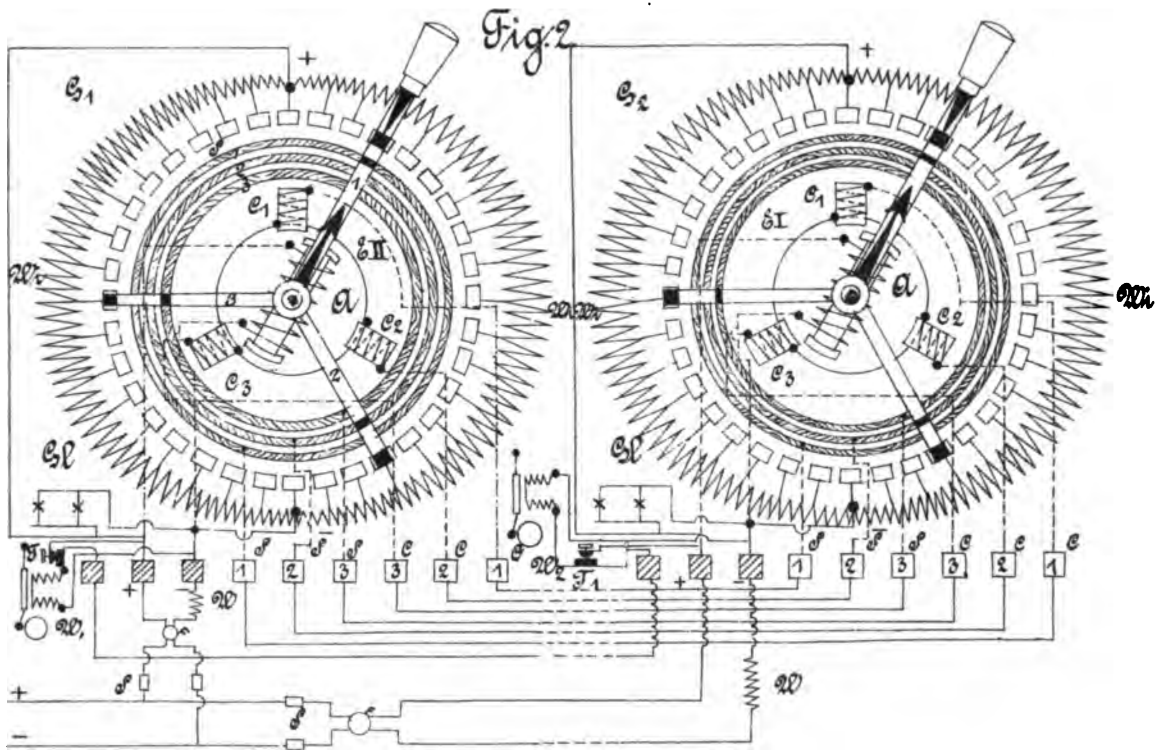


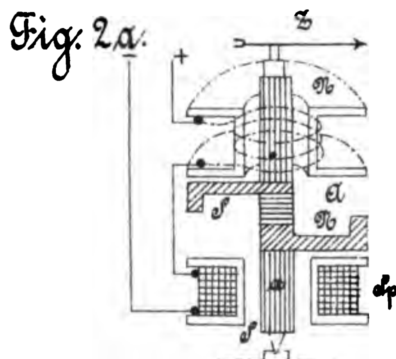


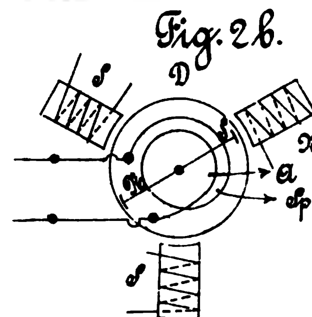
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



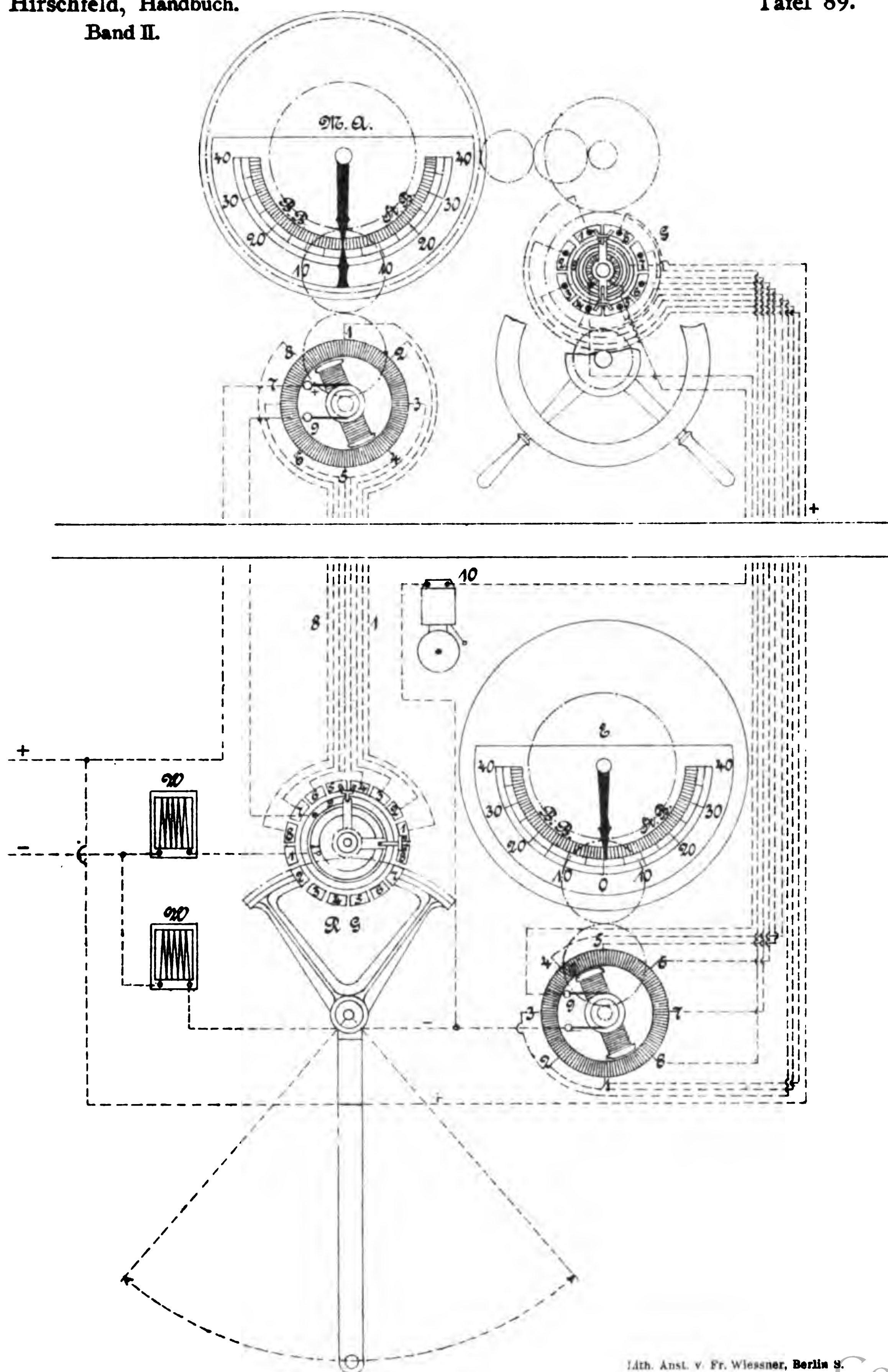






Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Fig. 1.

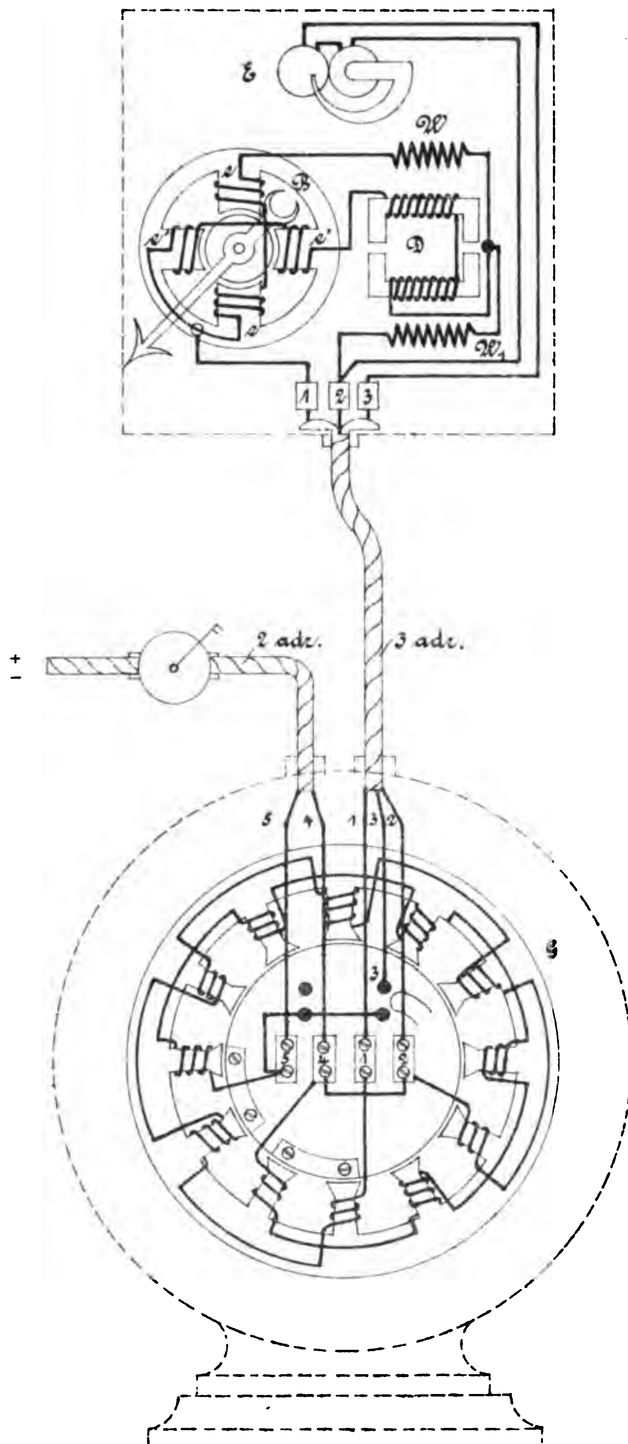
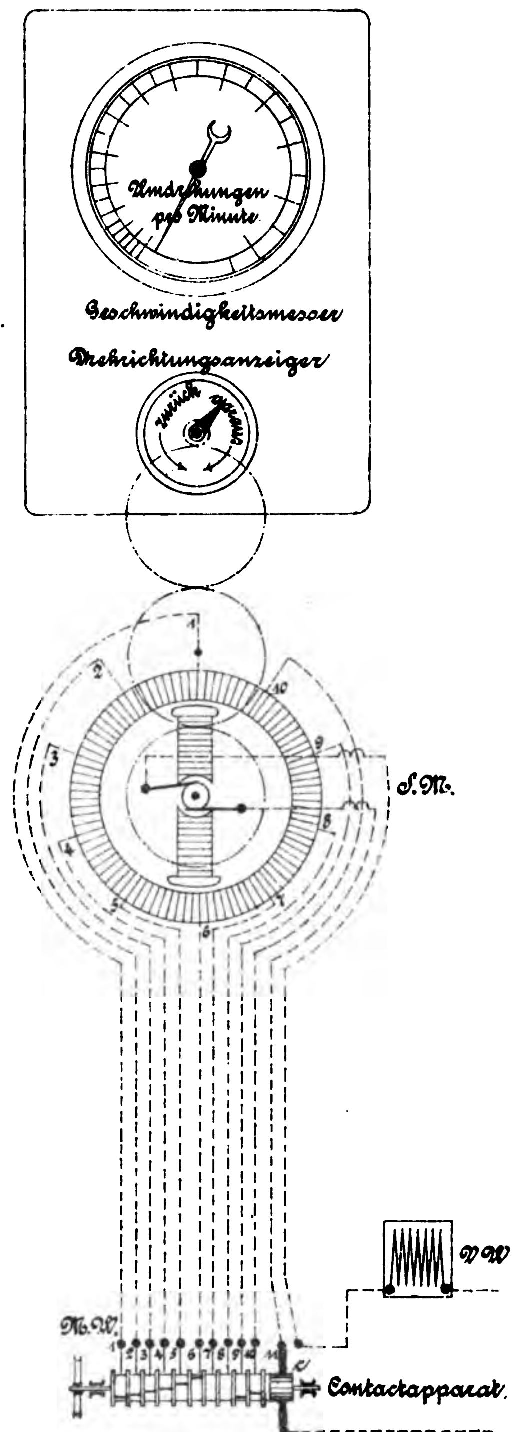
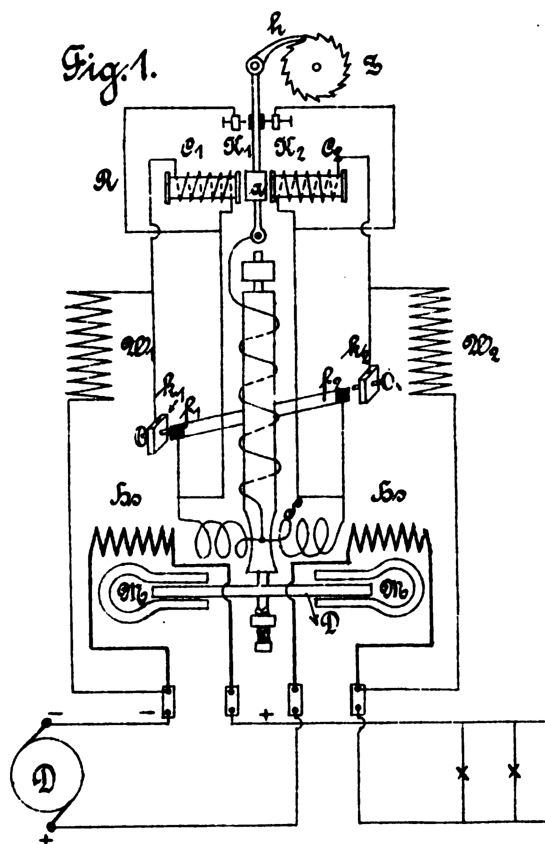


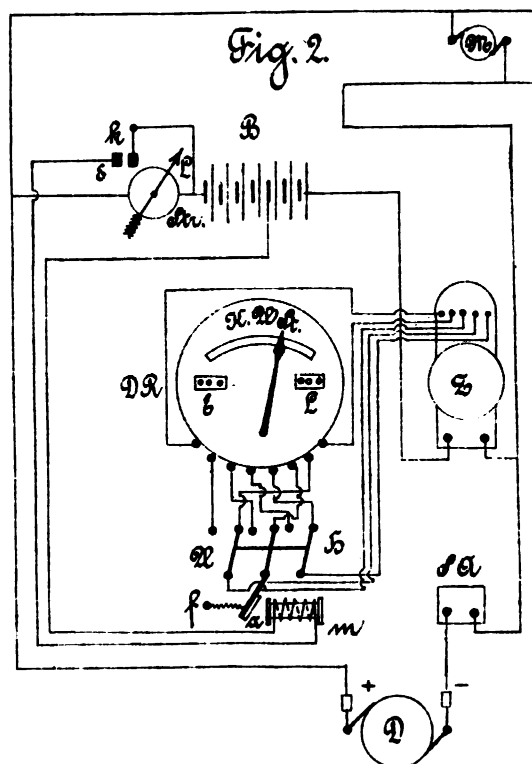
Fig. 2.

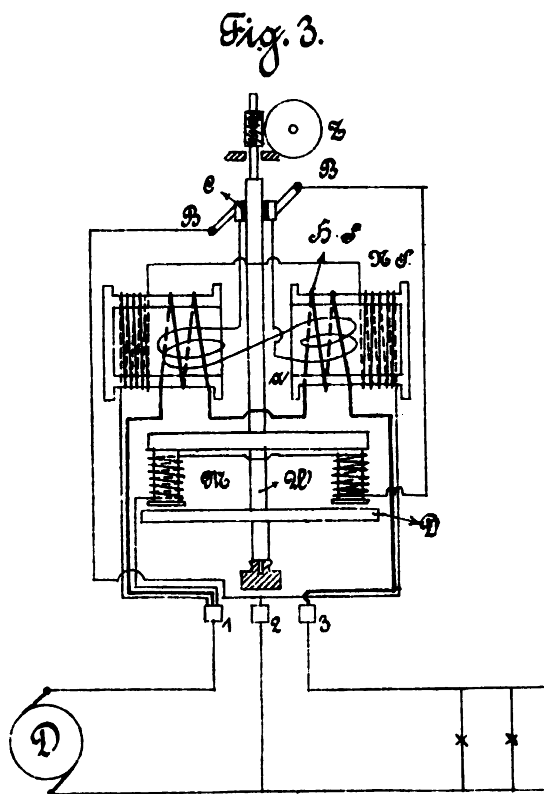


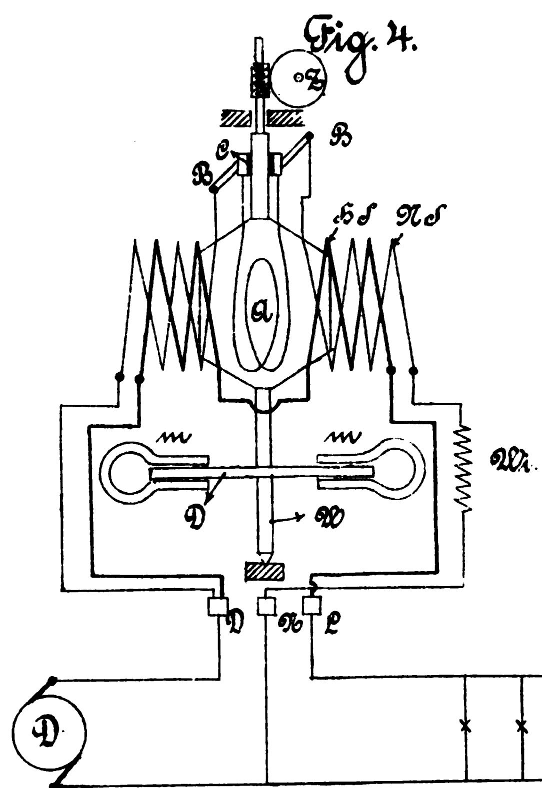
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.









Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Fig. 1.

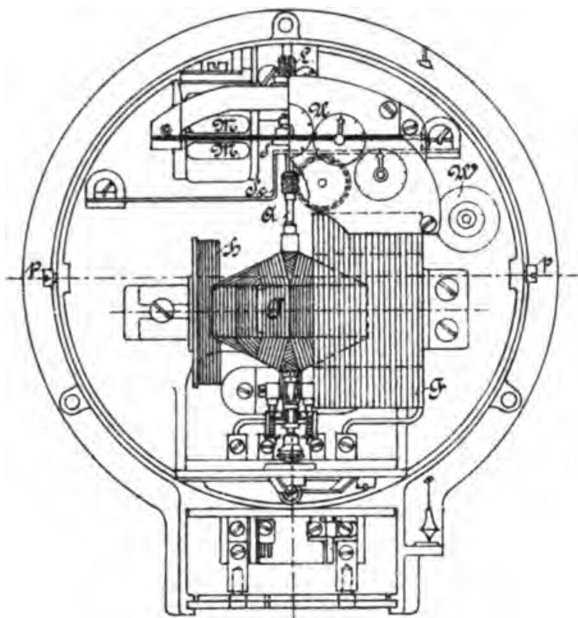


Fig. 2.

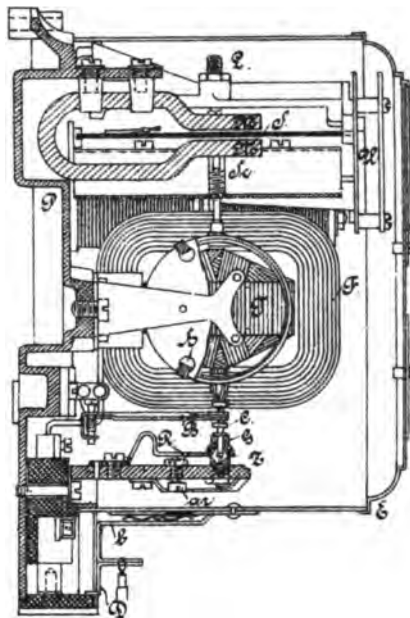


Fig. 3.

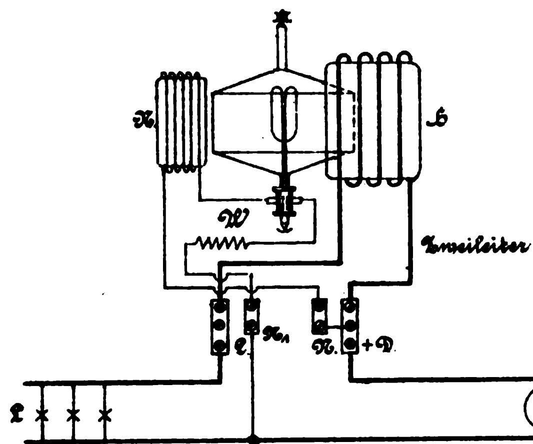
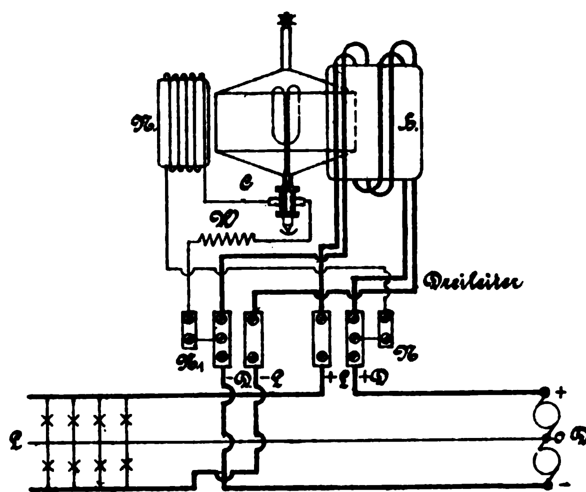
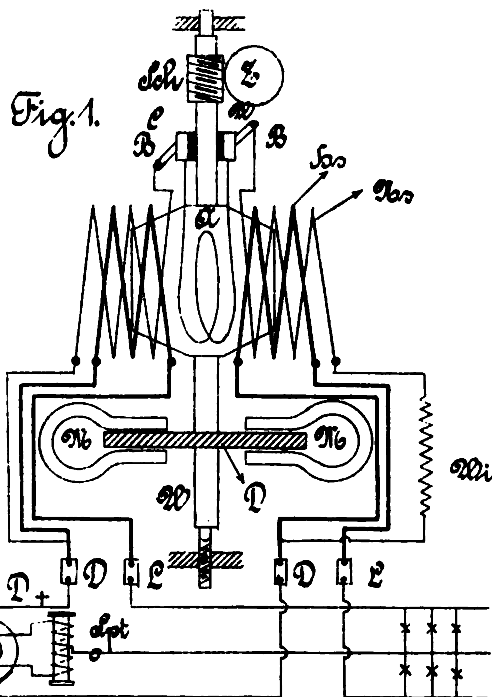


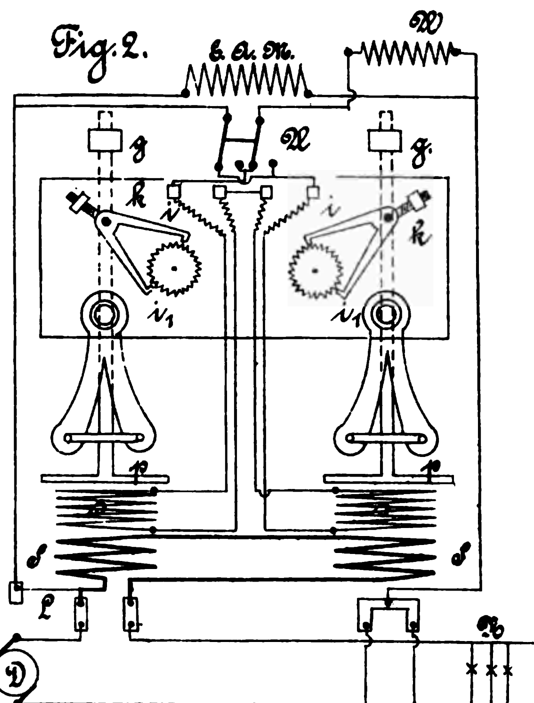
Fig. 4.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.





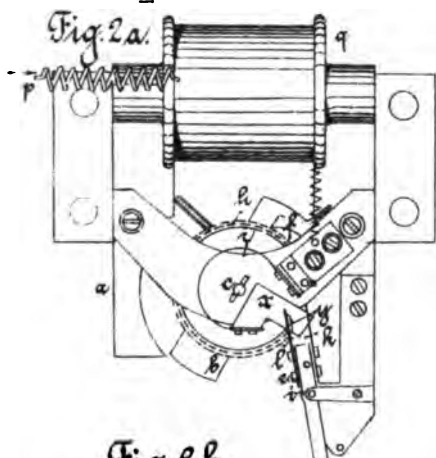
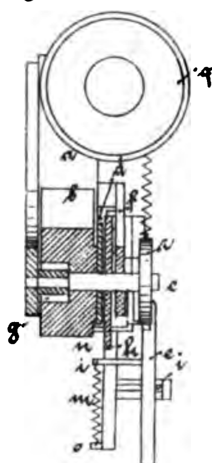
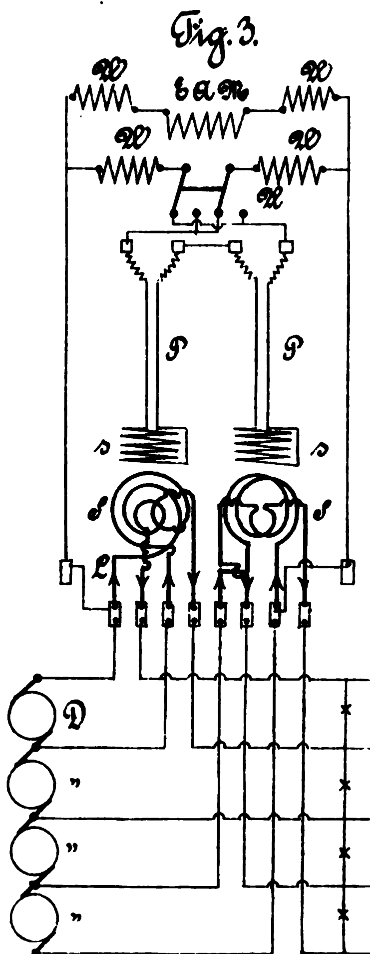
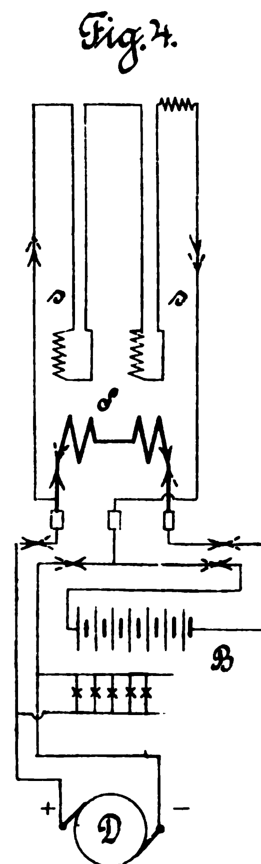


Fig. 2b.







Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

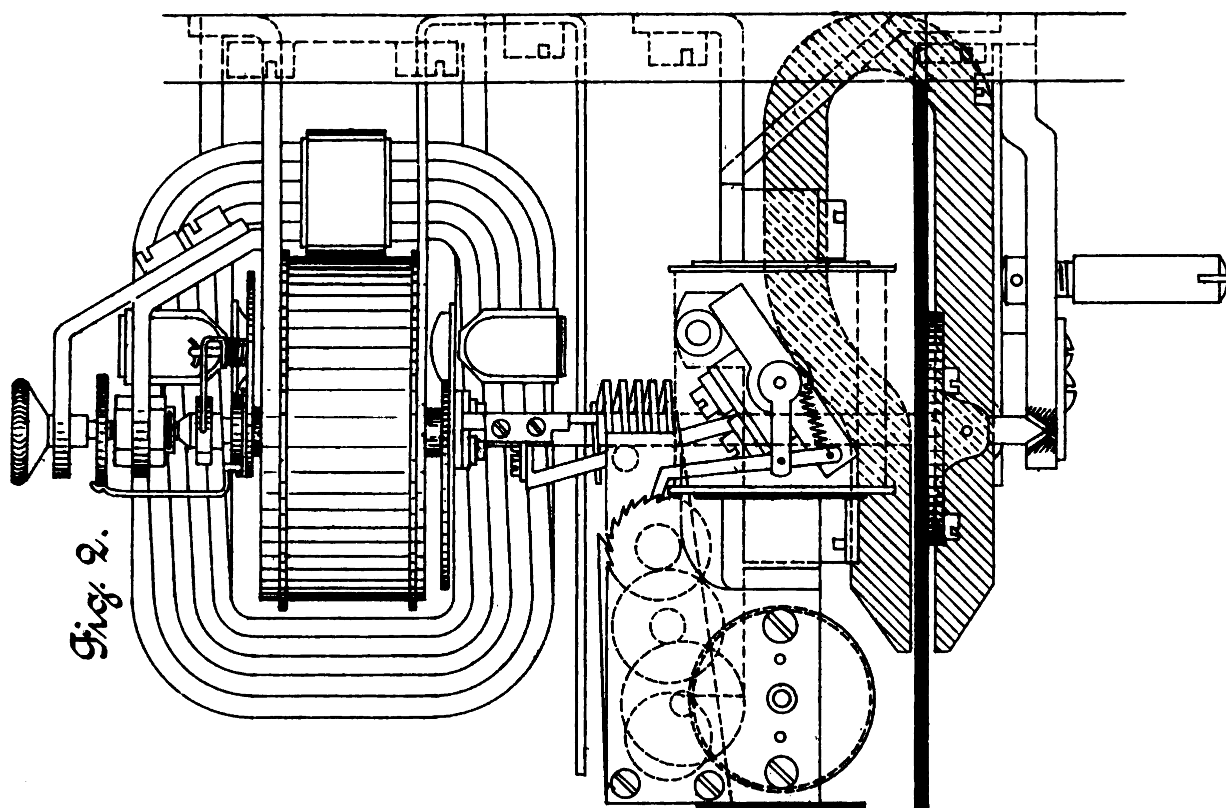
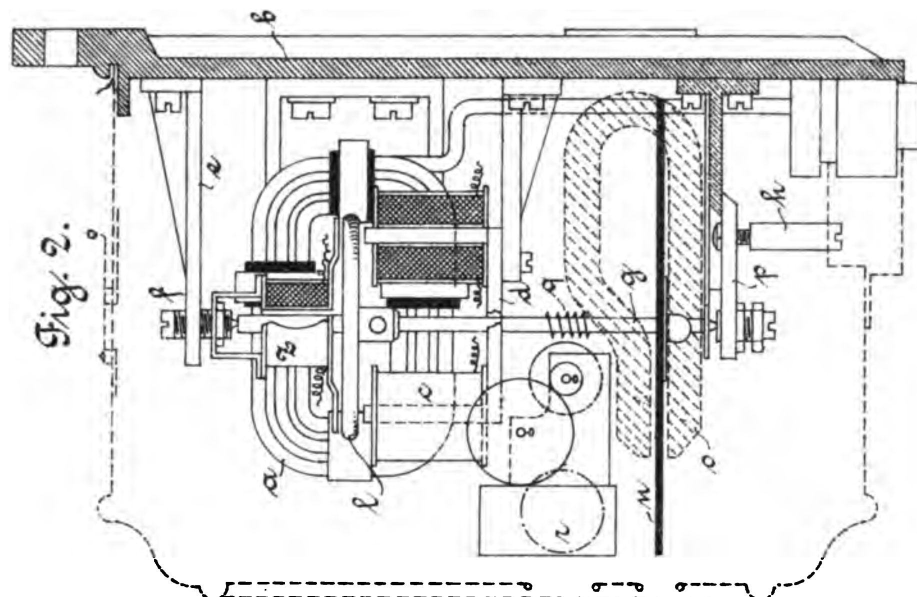
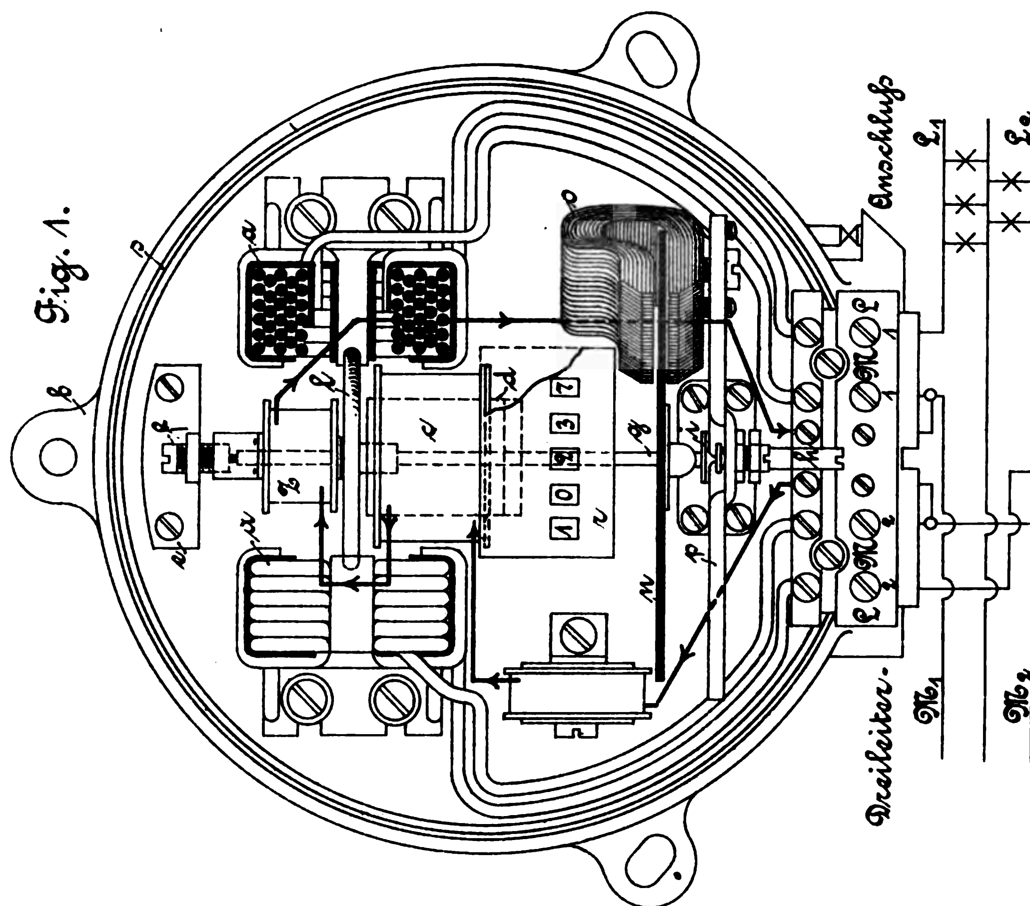

Fig. 2.

Fig. 1.

Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.





Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

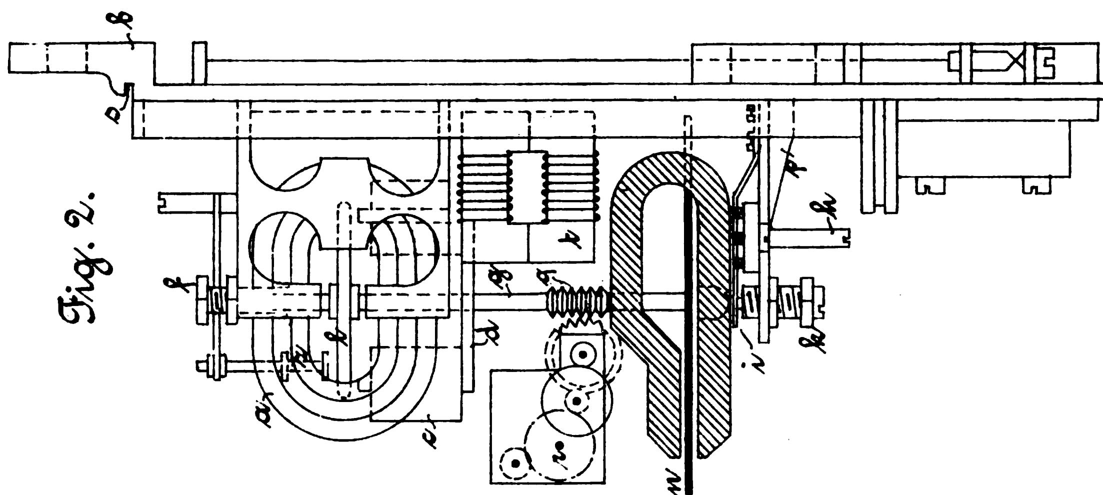


Fig. 1.

Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Fig. 1.

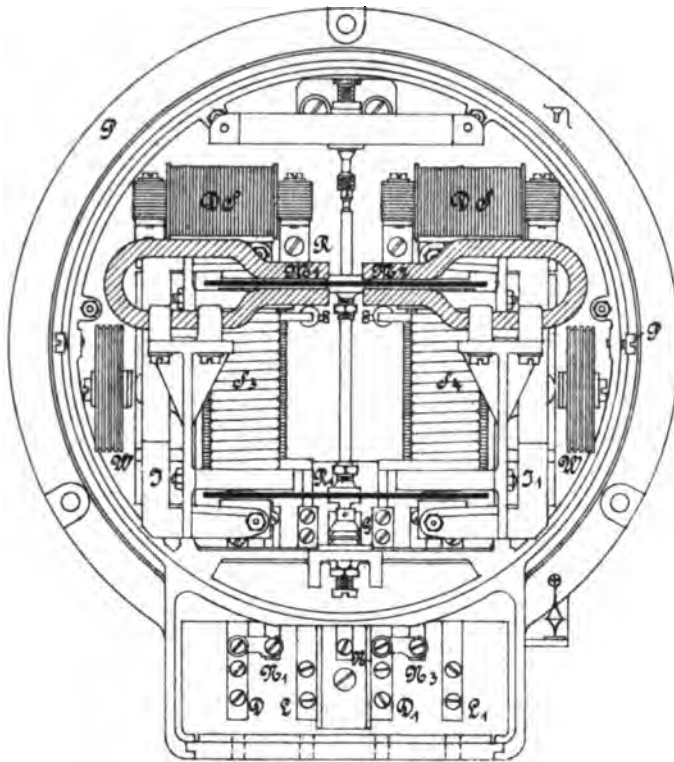


Fig. 2.

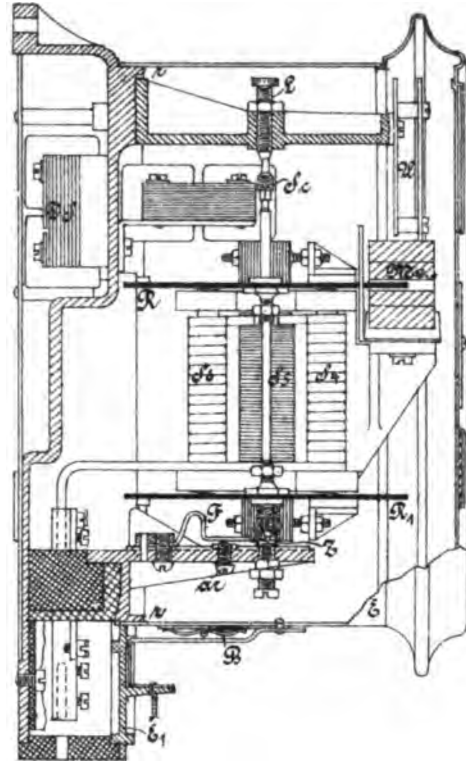


Fig. 3.

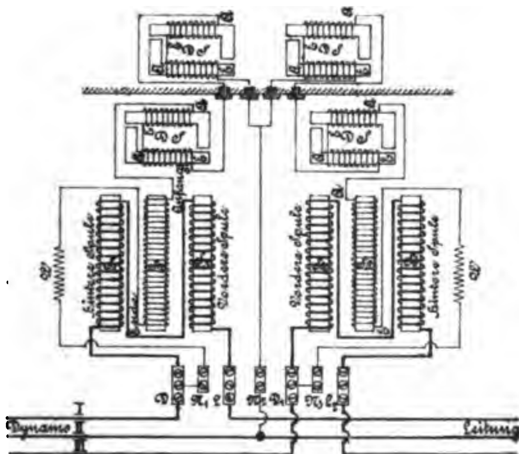
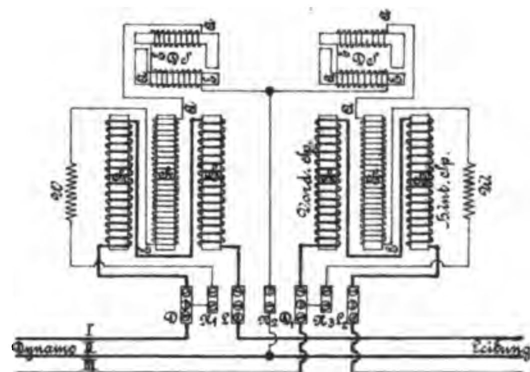
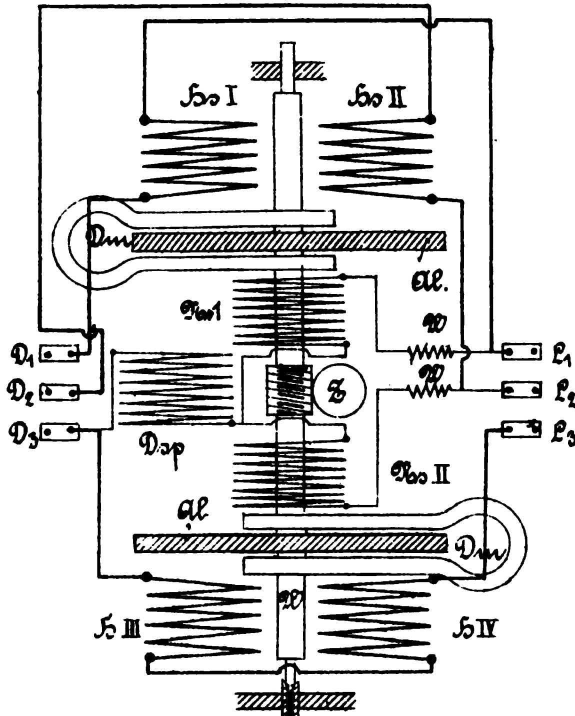


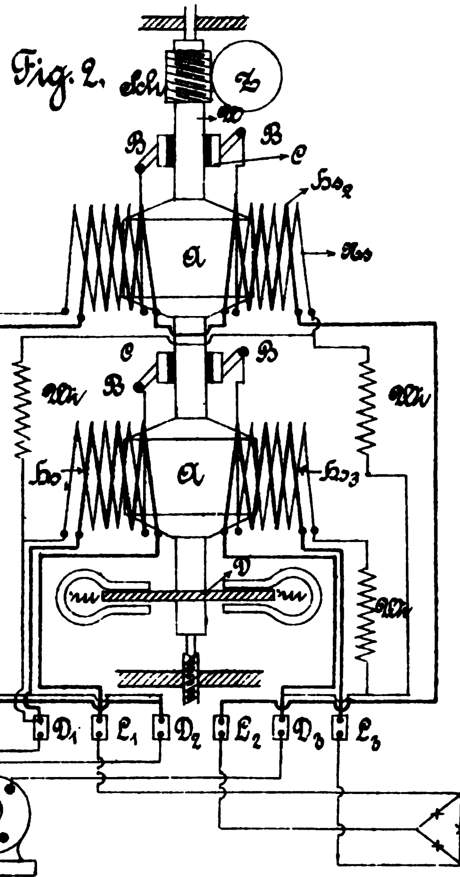
Fig. 4.

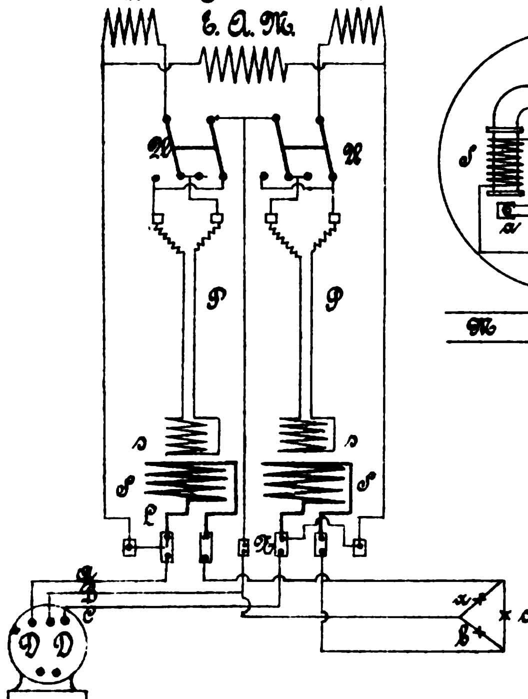


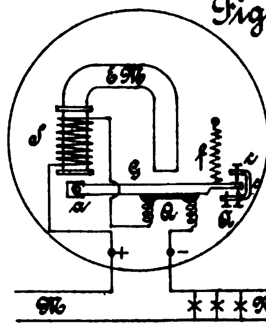
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

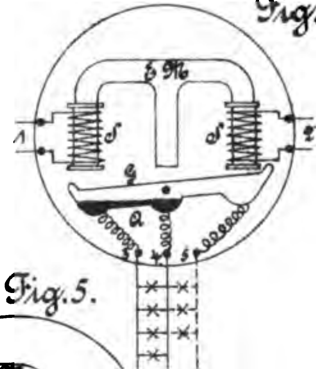
Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

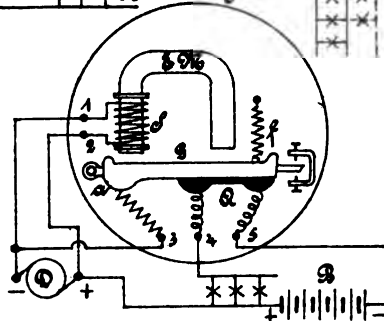






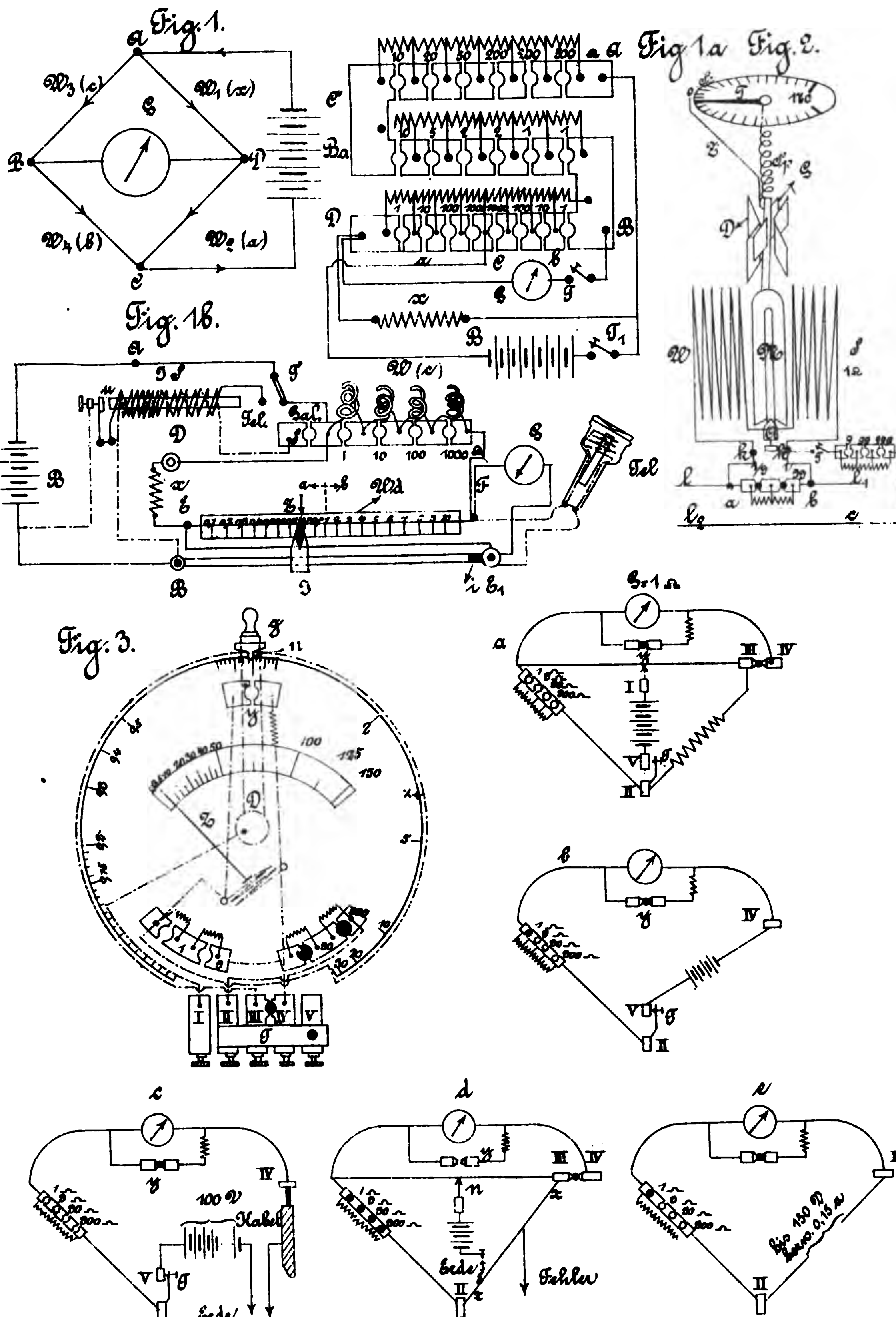






Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Fig. 1.

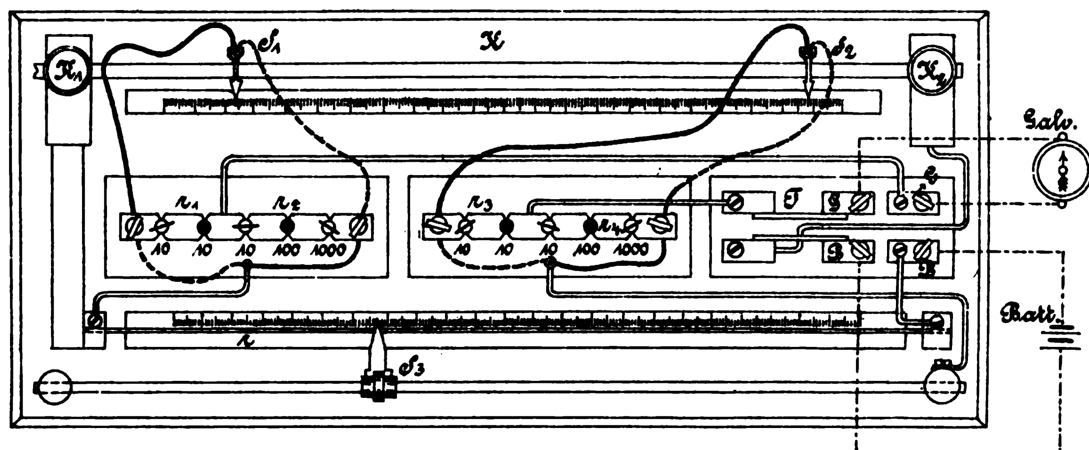


Fig. 2.

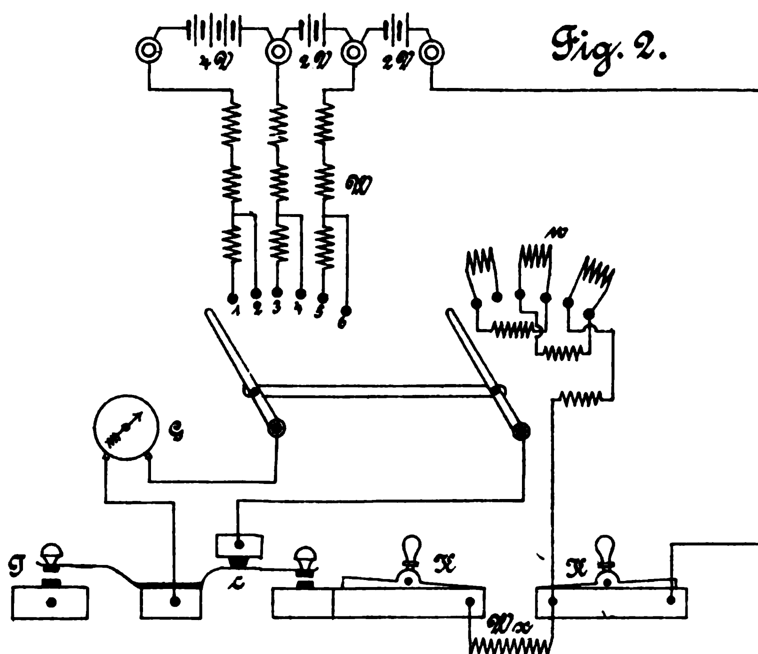


Fig. 3.

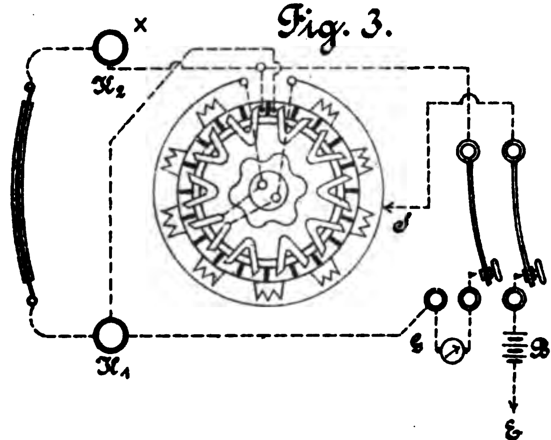
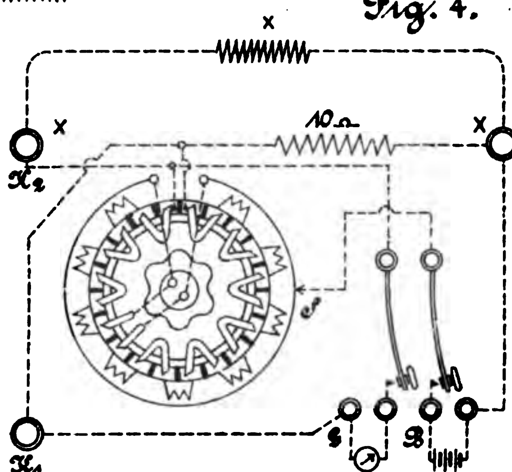


Fig. 4.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

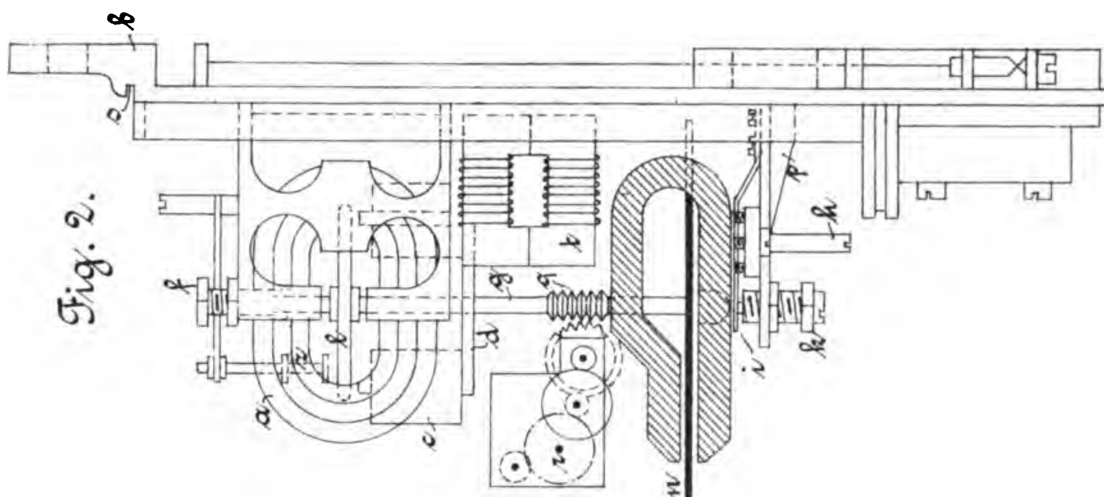


Fig. 1.

Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Fig. 1.

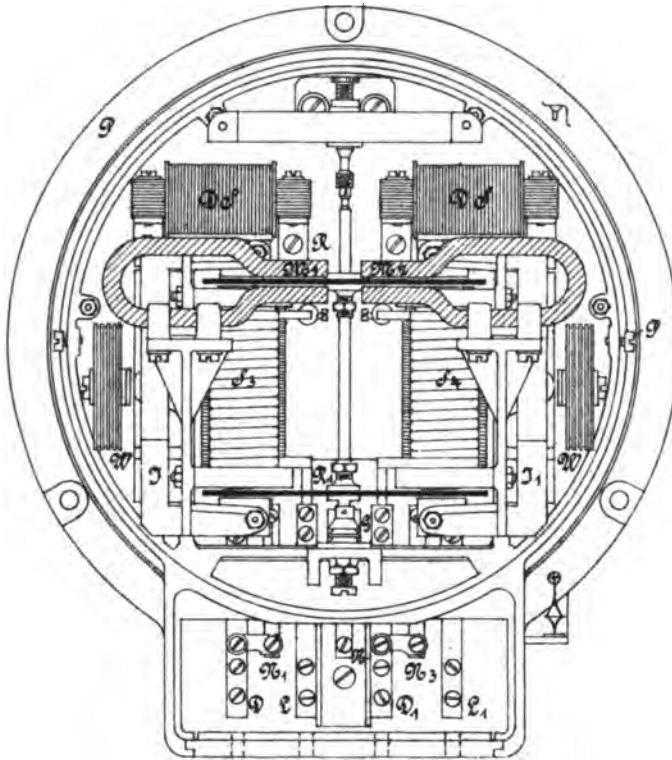


Fig. 2.

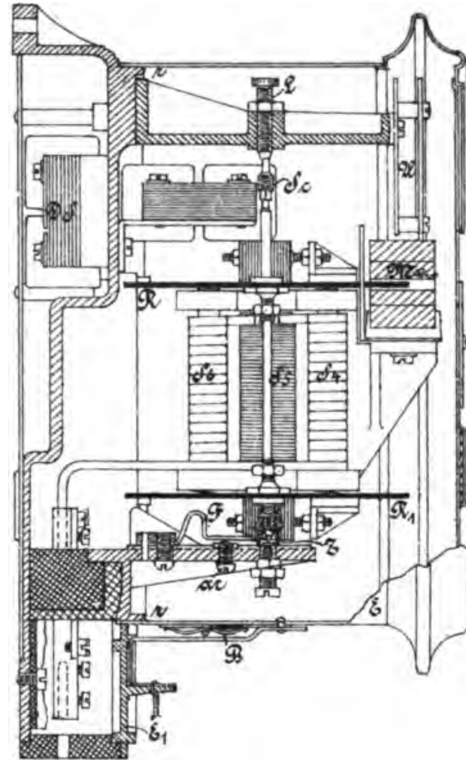


Fig. 3.

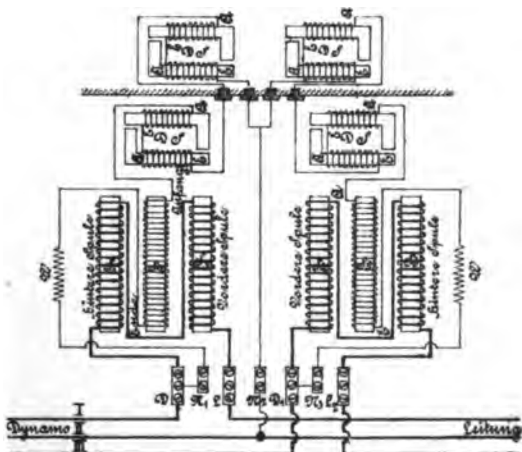
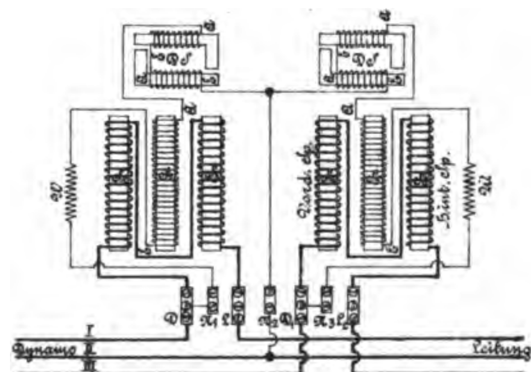
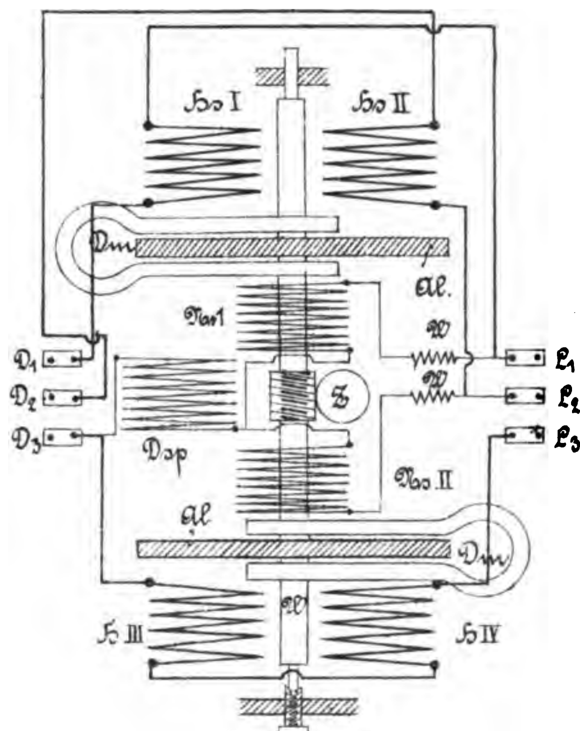


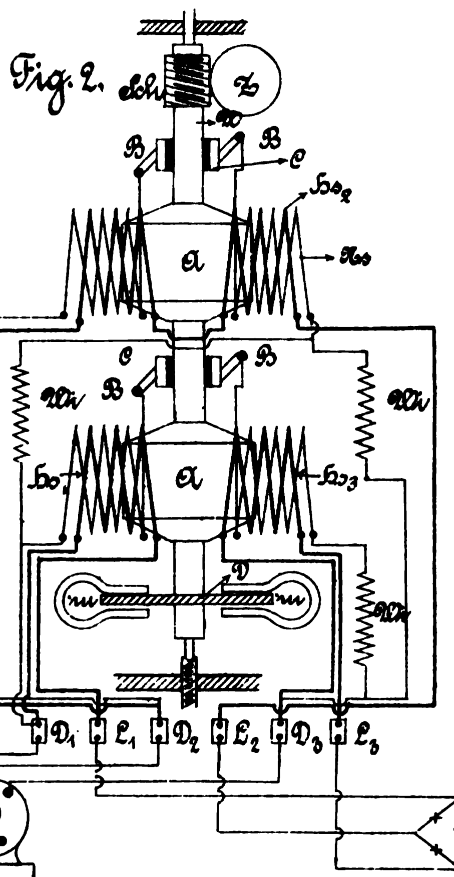
Fig. 4.

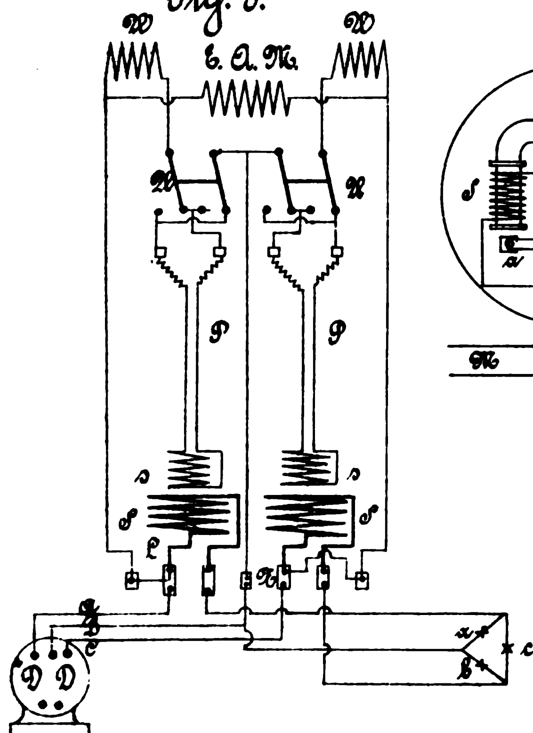


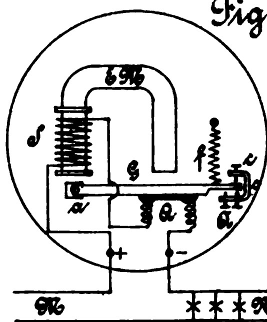
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

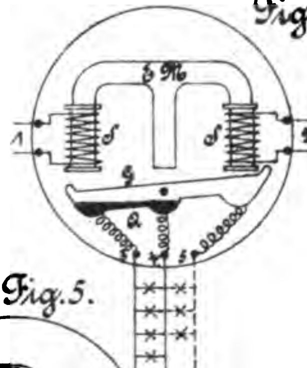
Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

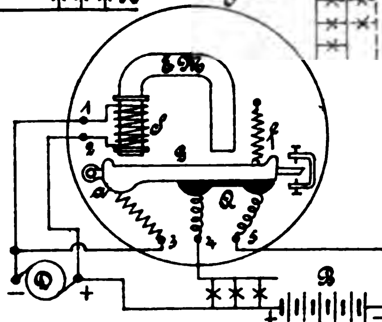






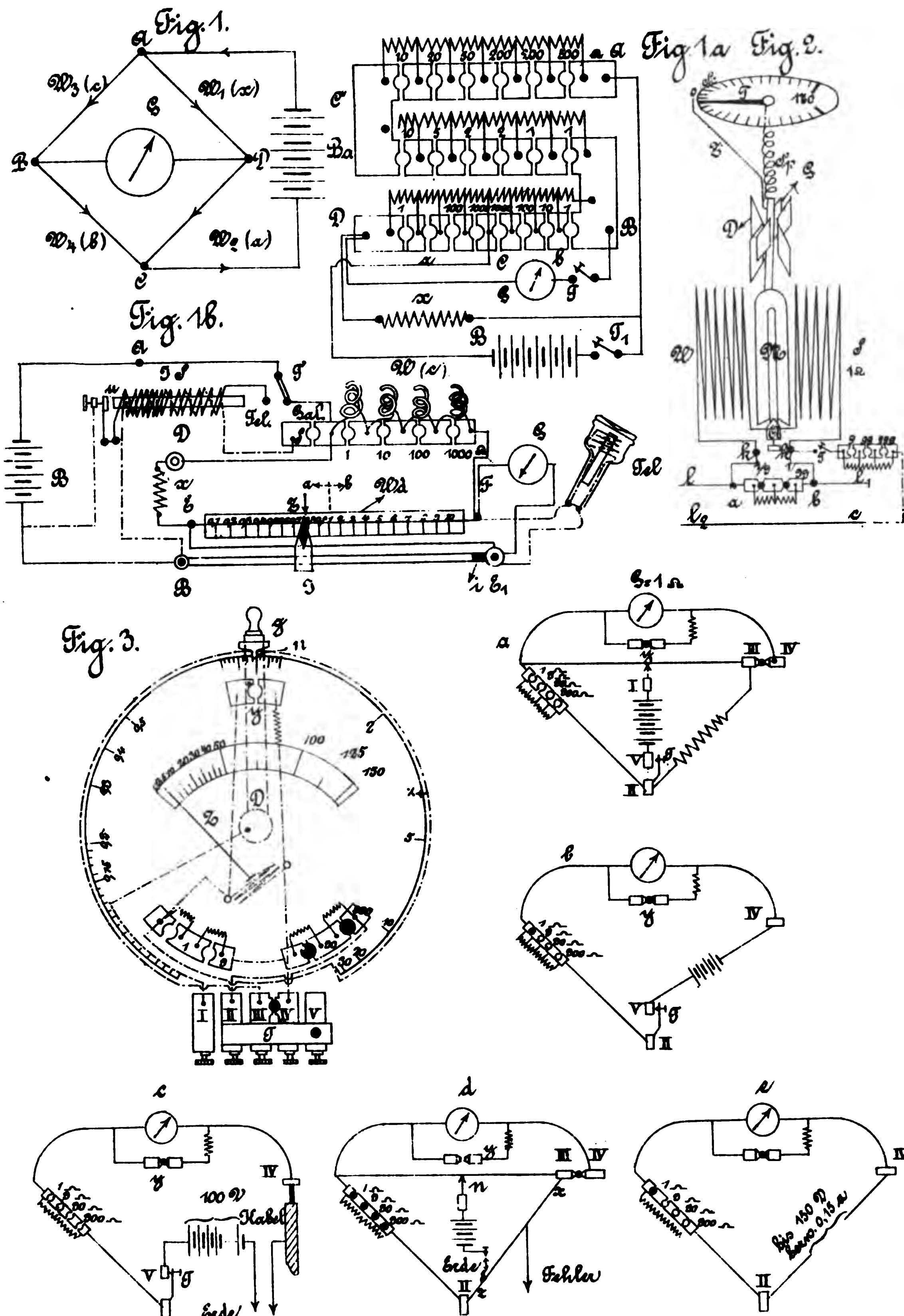






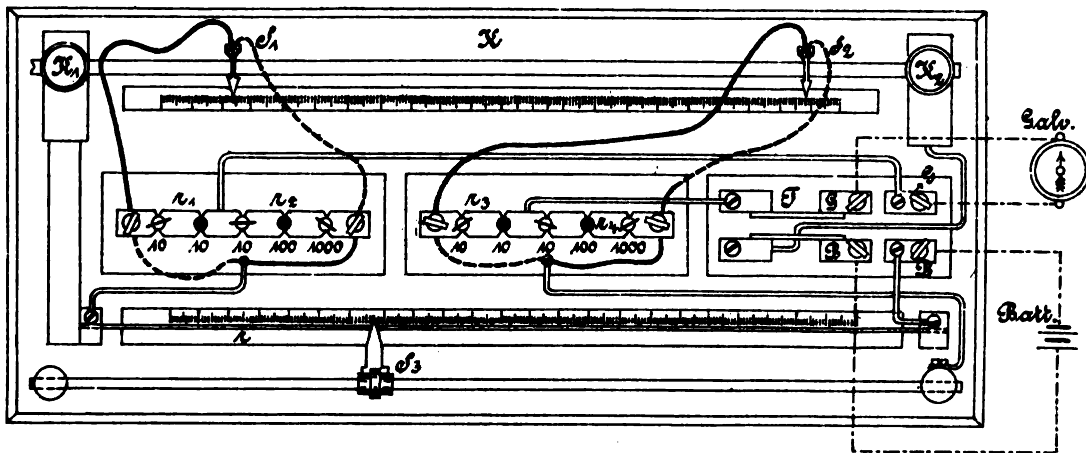
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

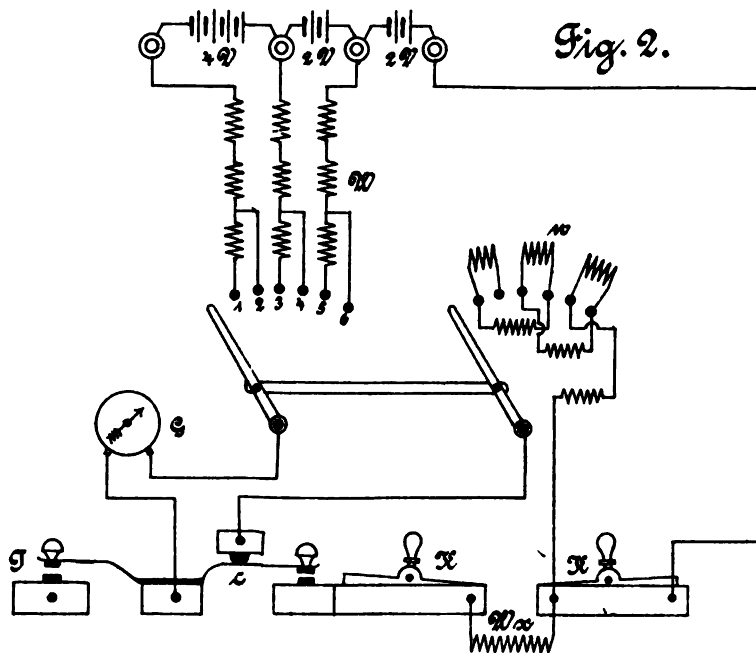
Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

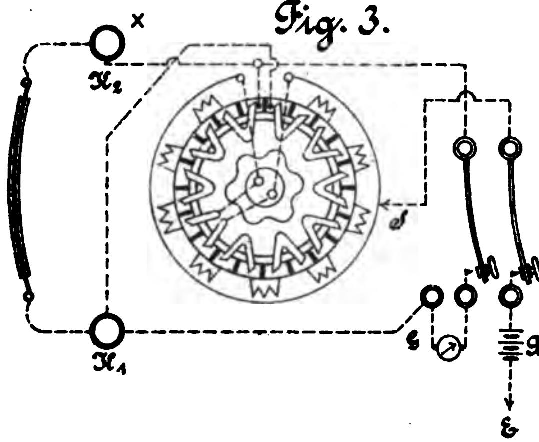


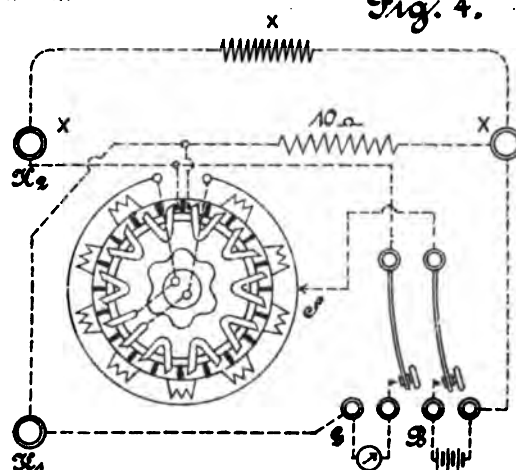
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



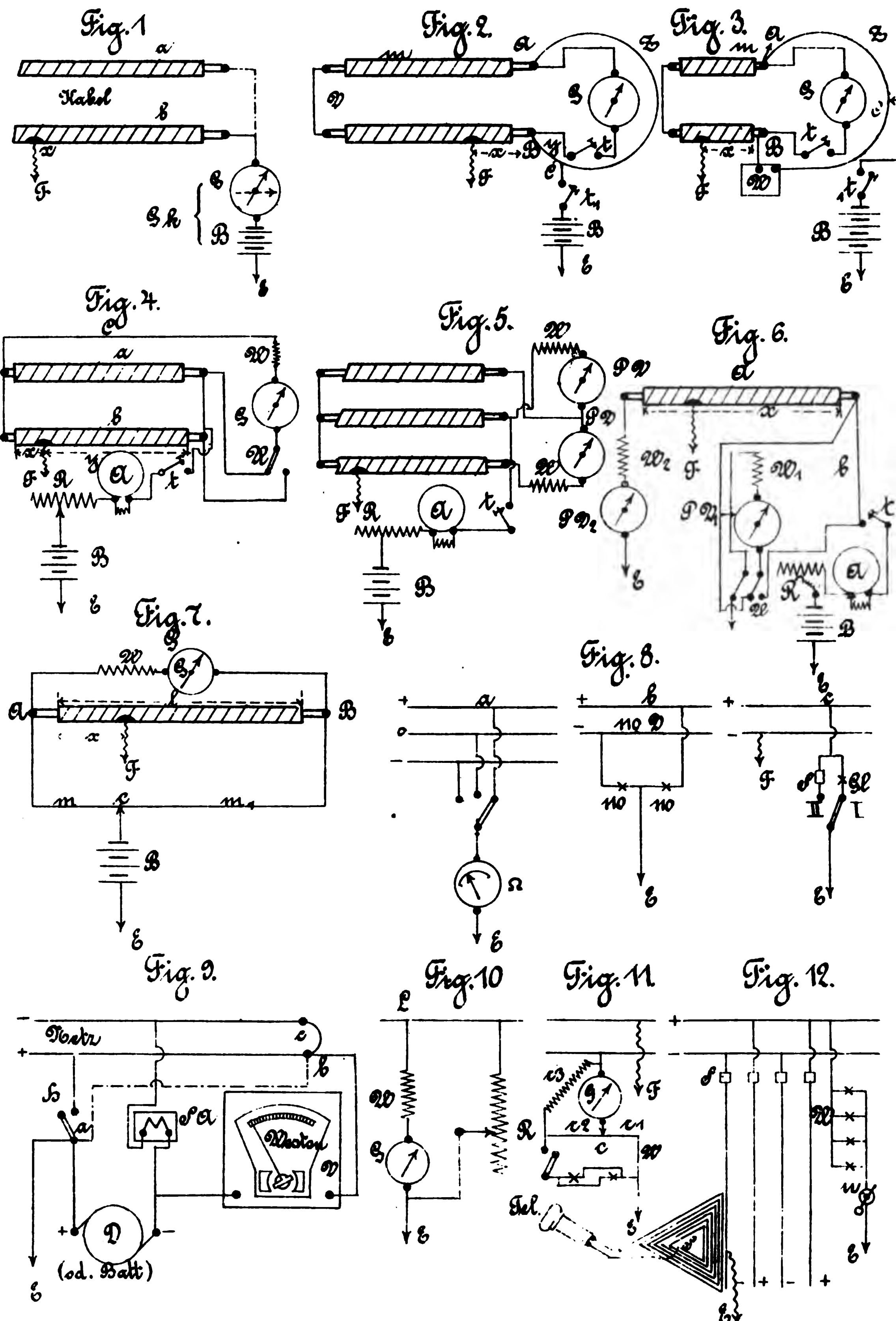






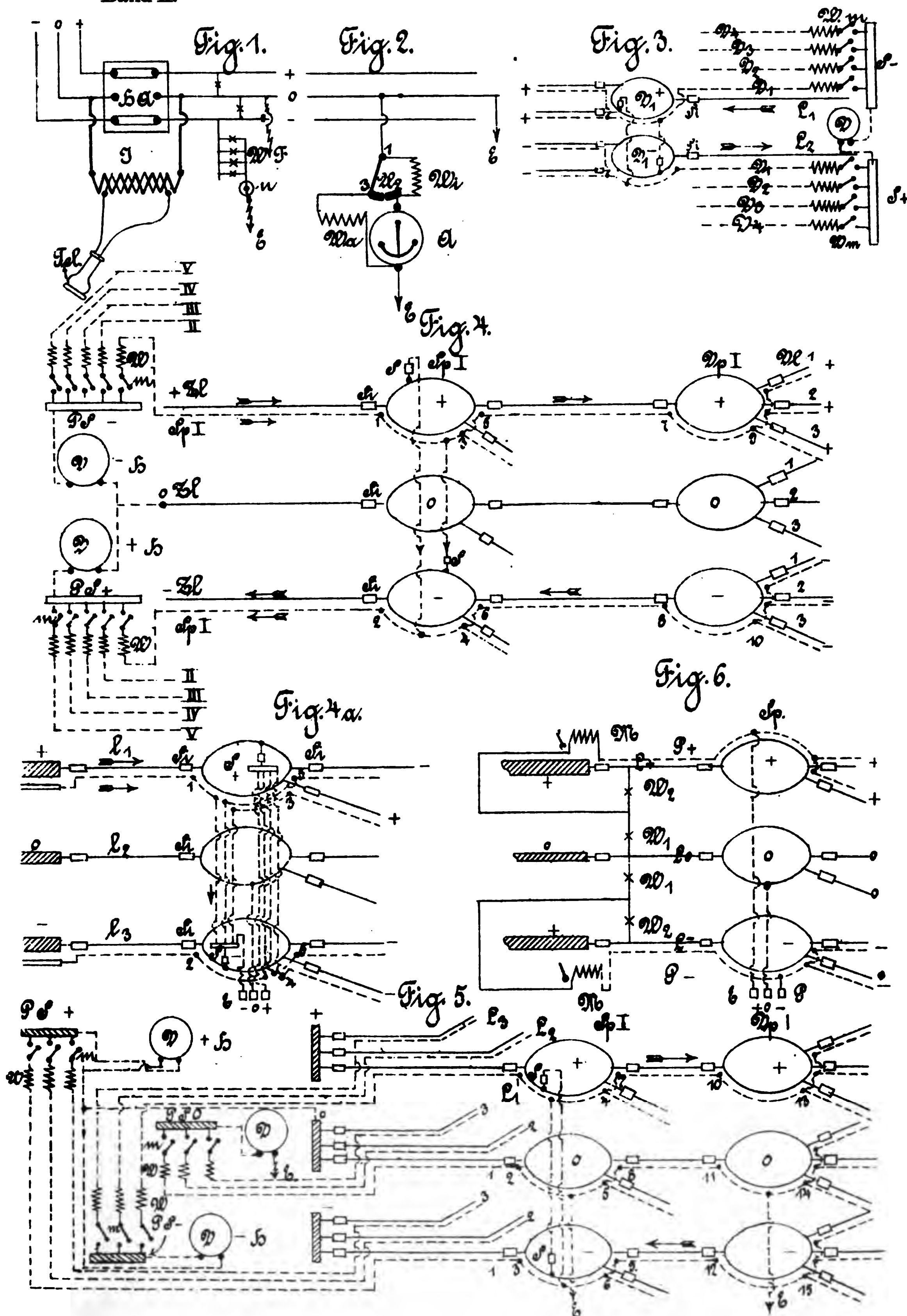
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



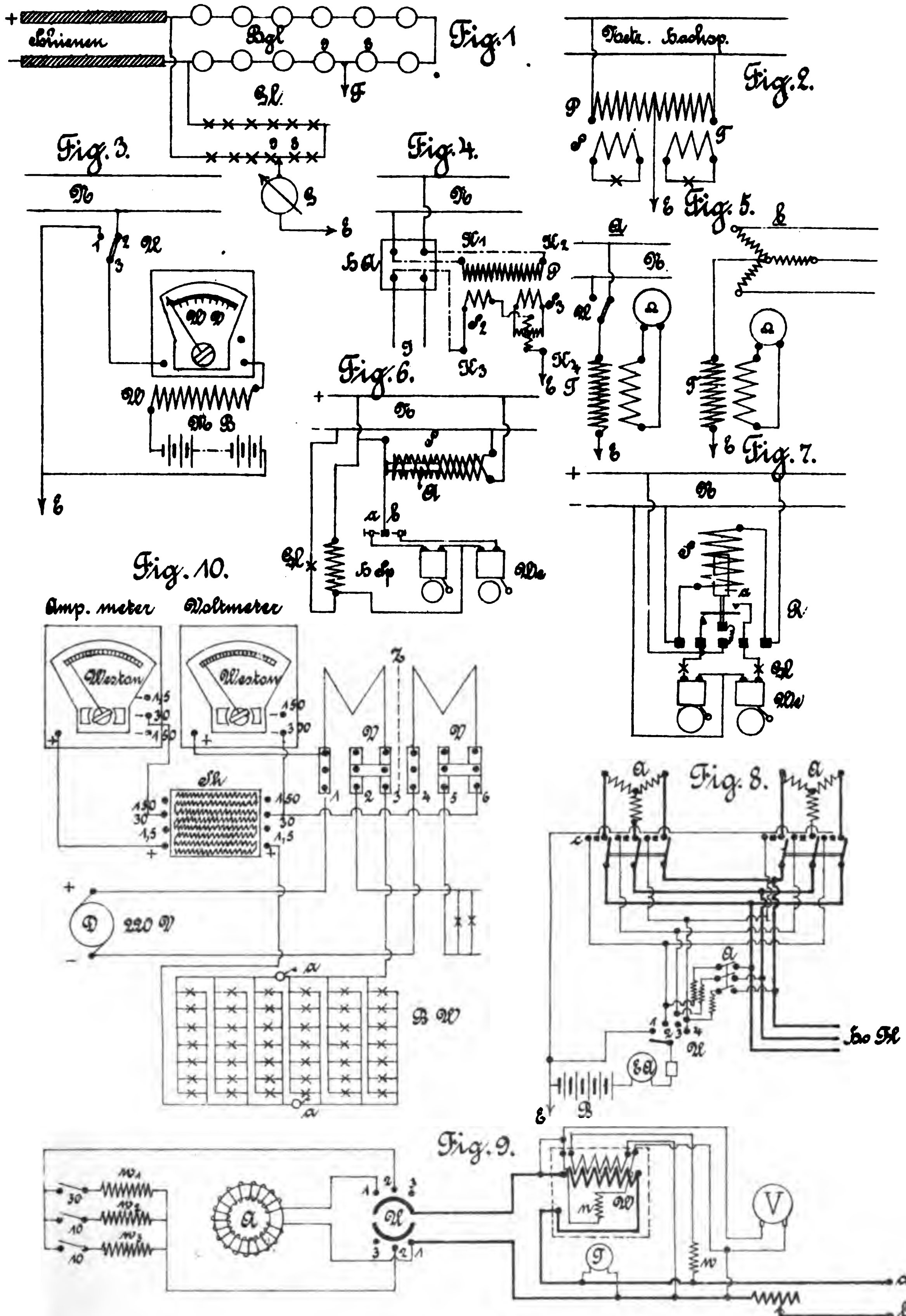
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Fig. 1.

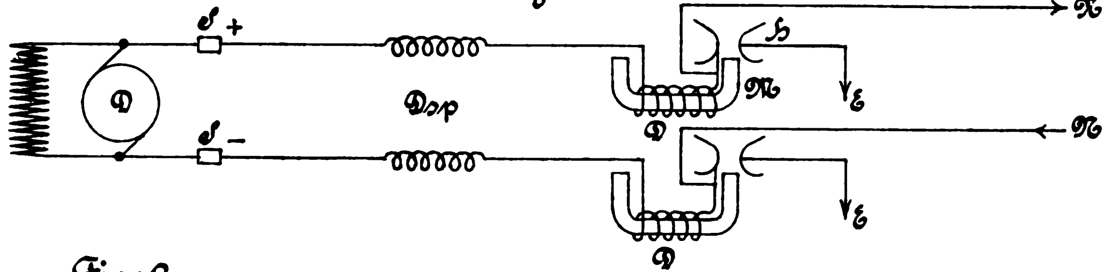


Fig. 2.

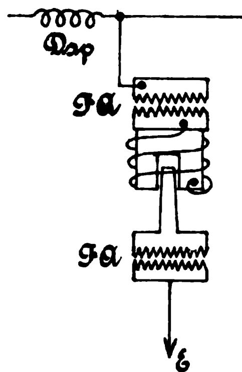


Fig. 3.

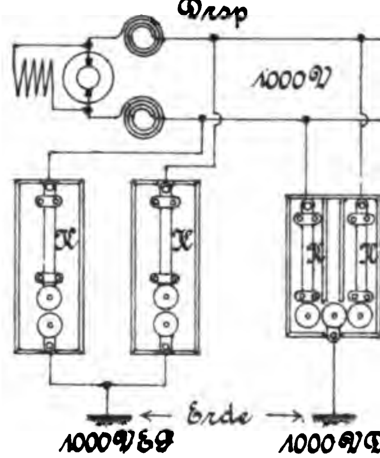


Fig. 4.

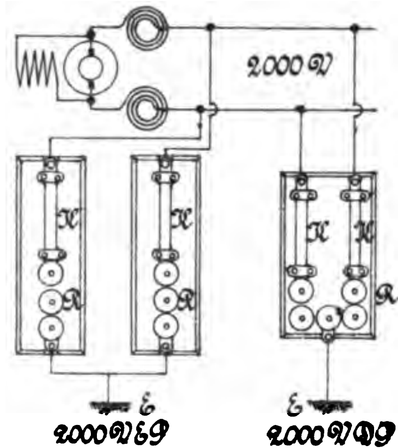


Fig. 5.

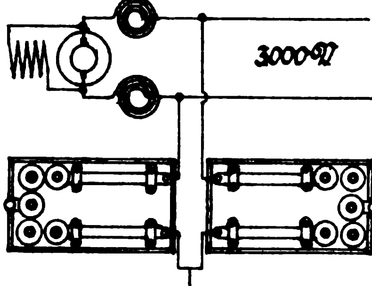


Fig. 6.

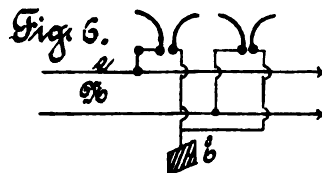


Fig. 7.

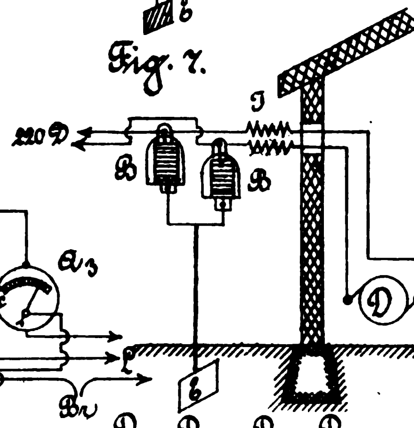


Fig. 9.

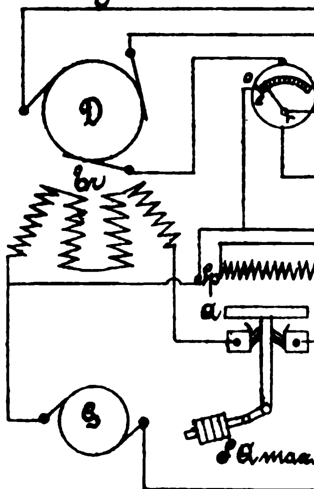
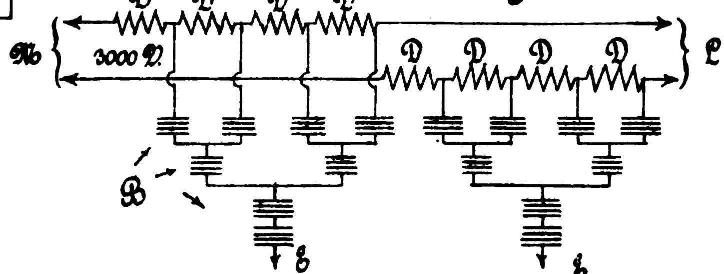
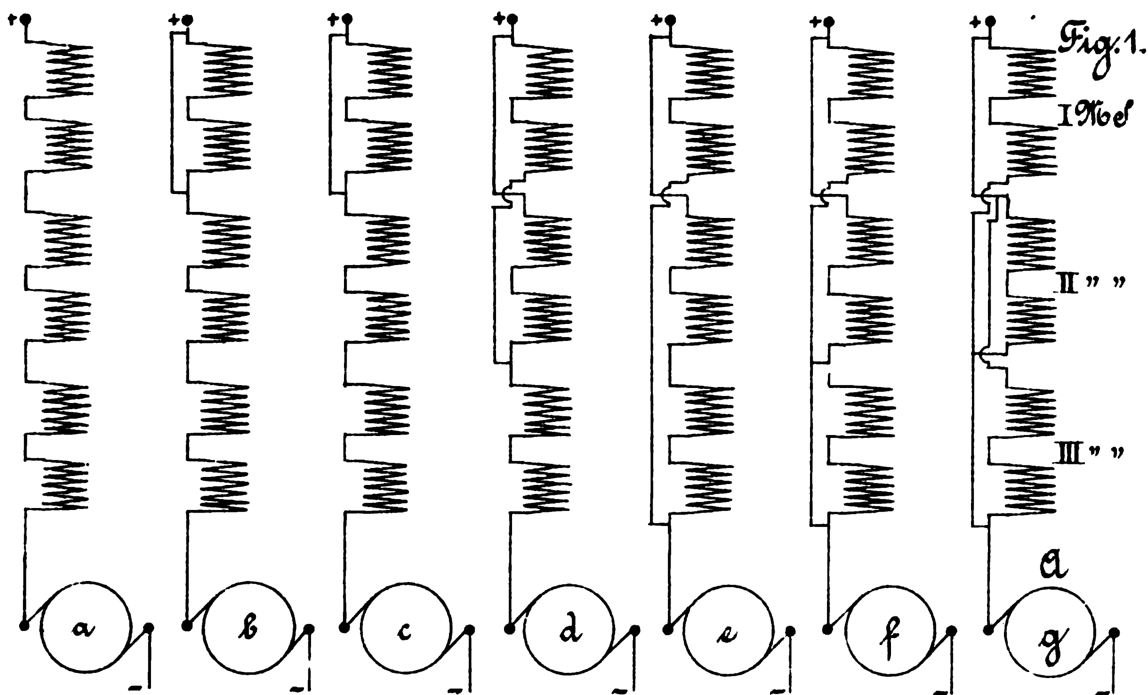


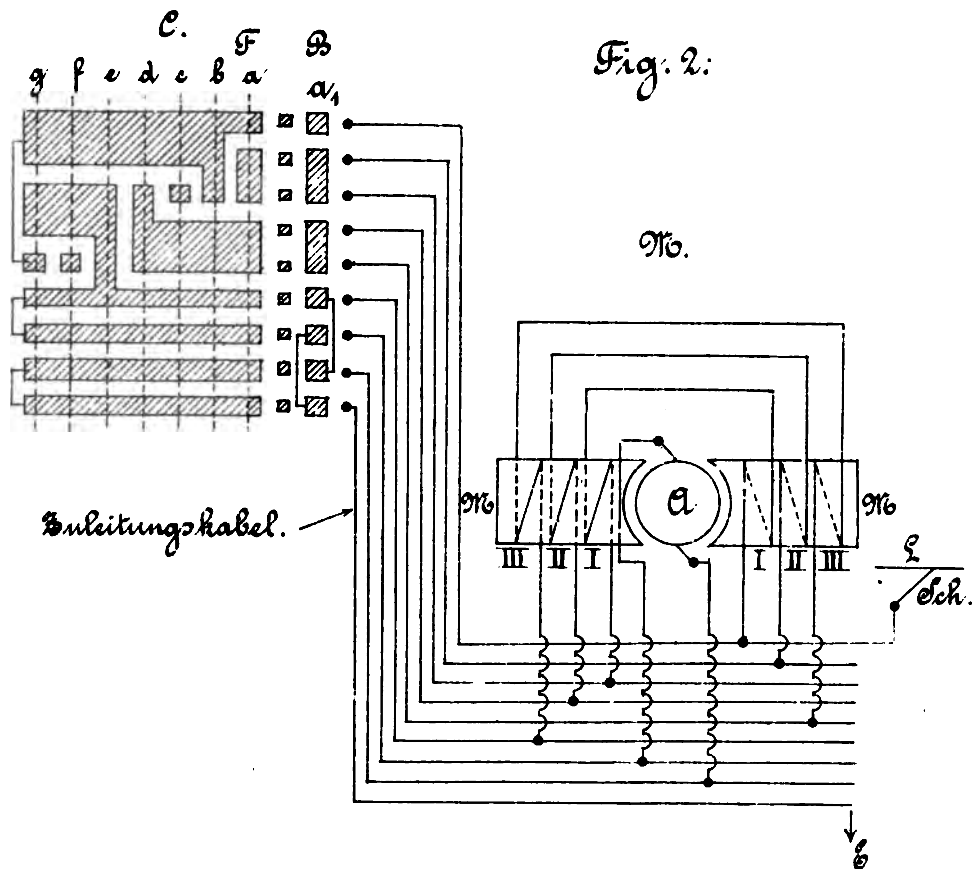
Fig. 8.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

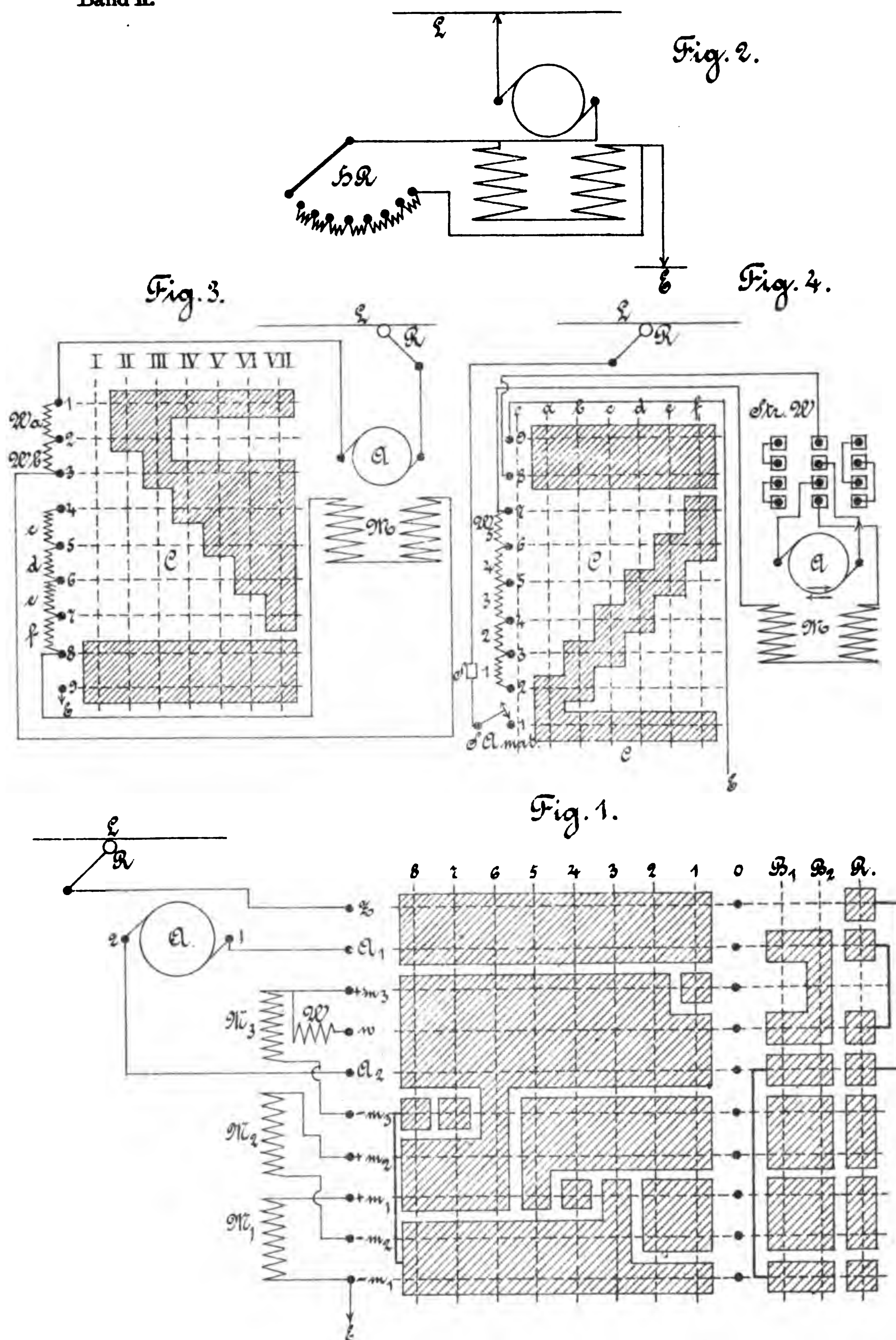
Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.





Lith Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Fig. 1.

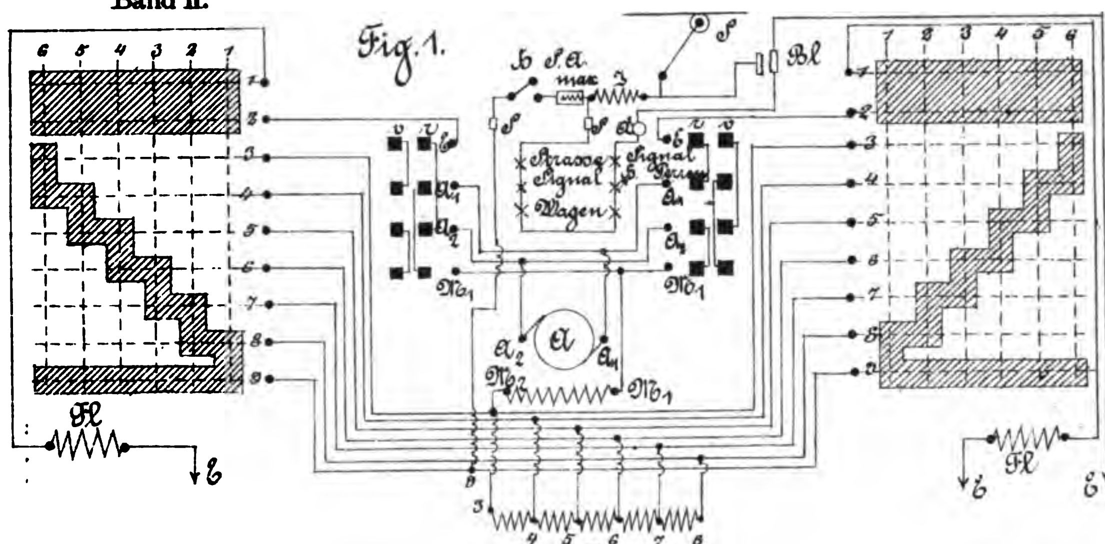
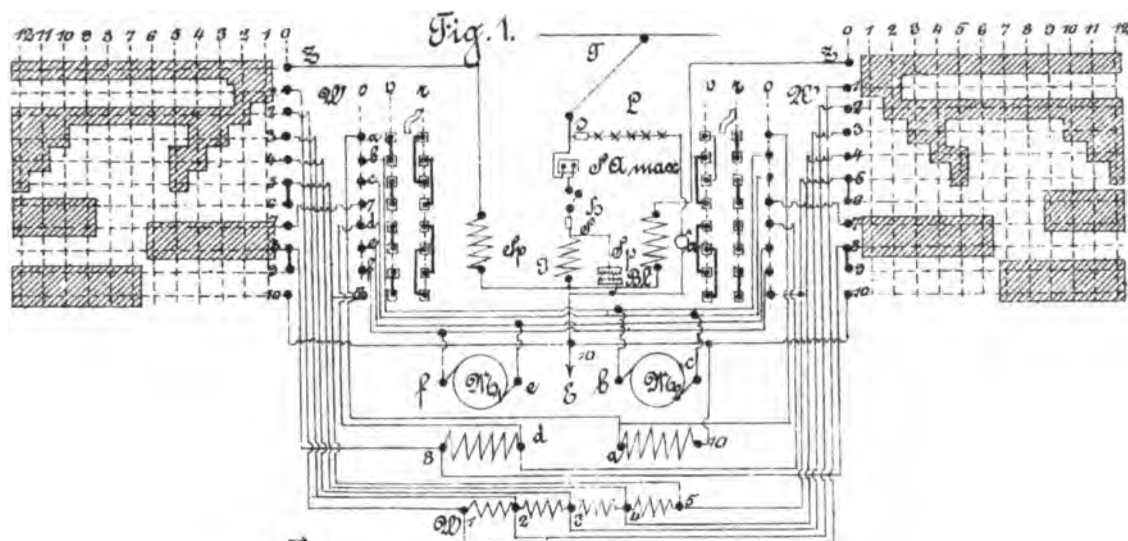
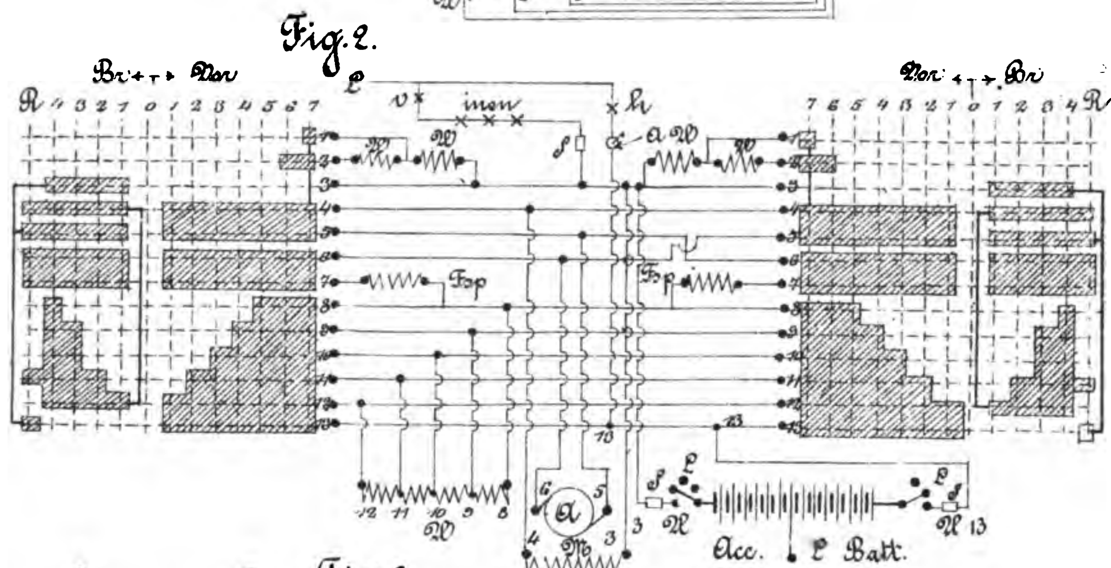


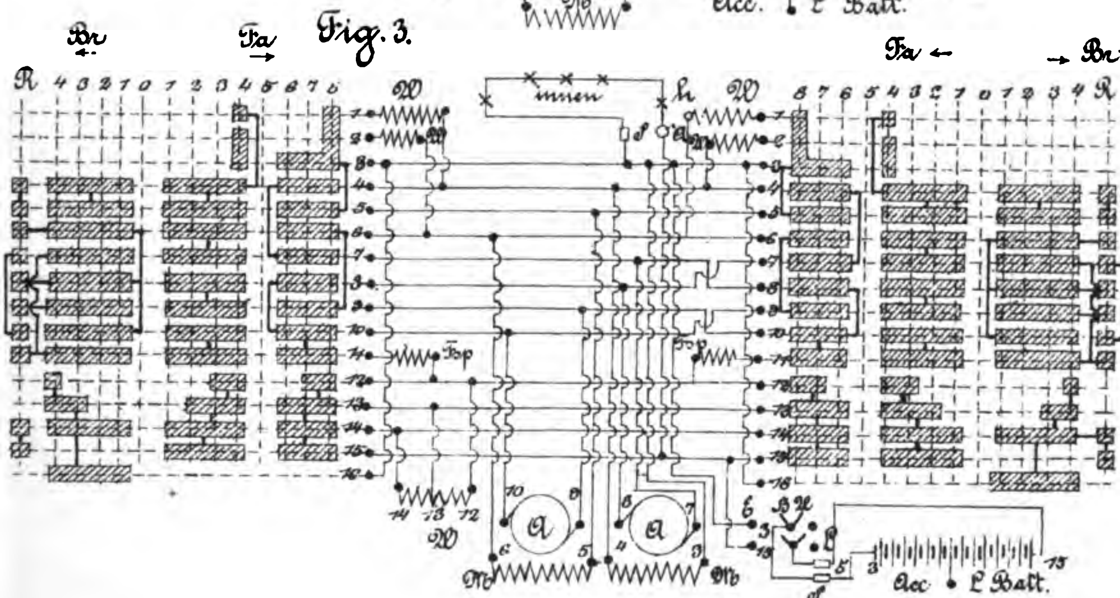
Fig. 2.

Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.







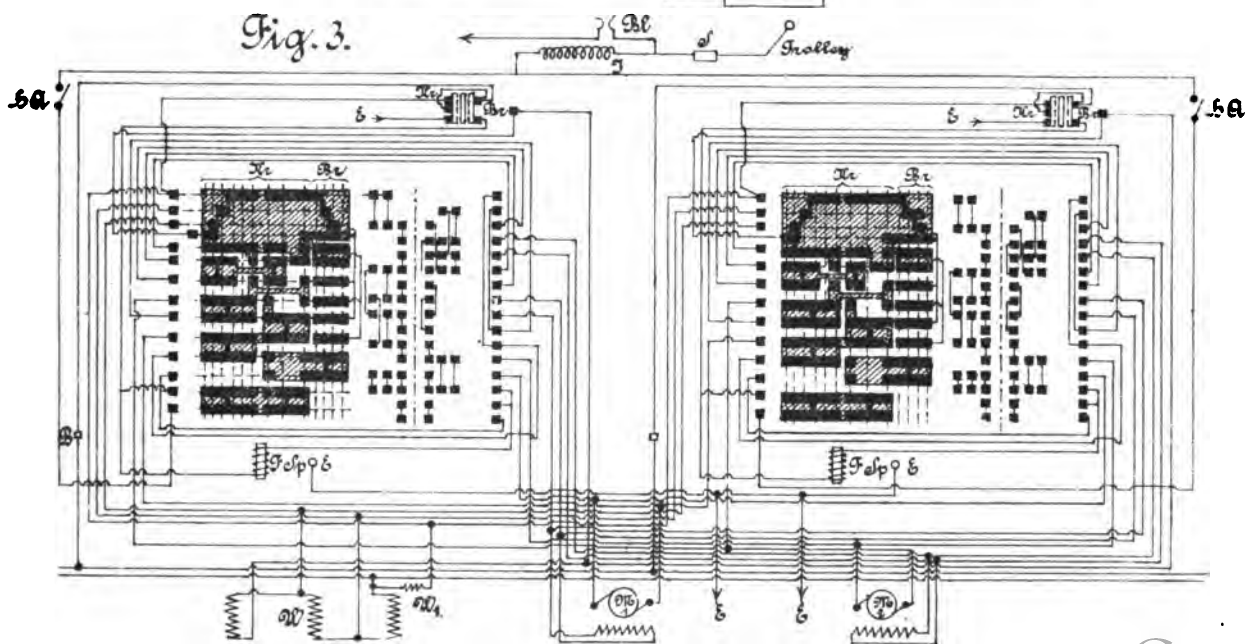
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Fig. 1.

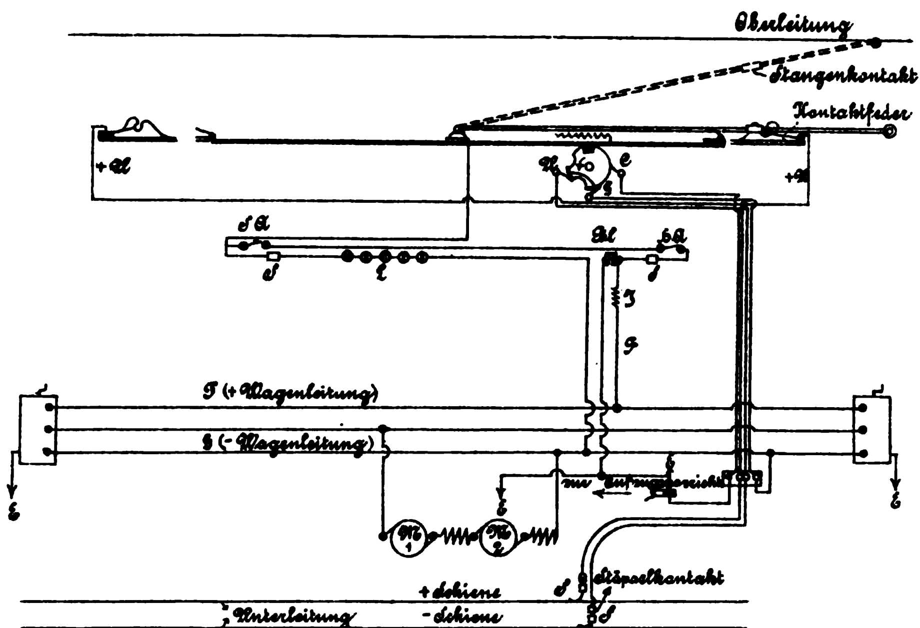
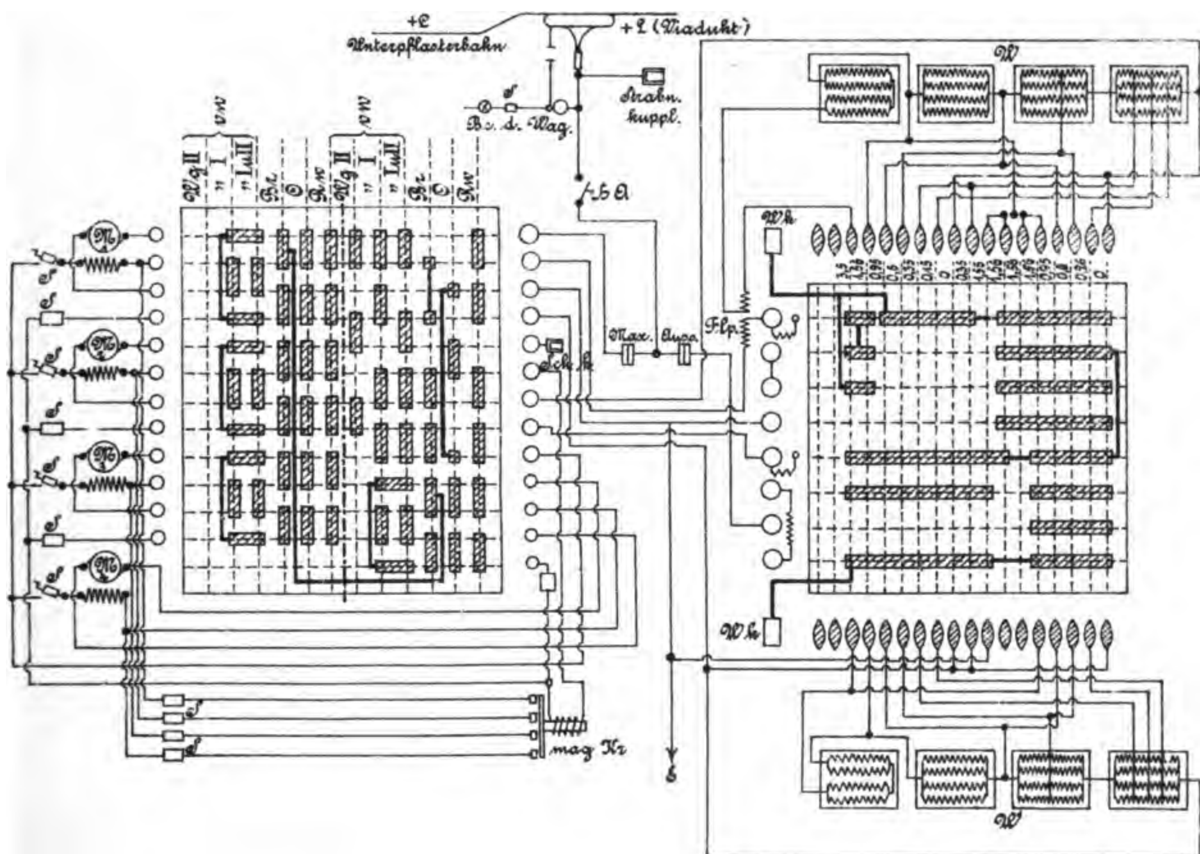
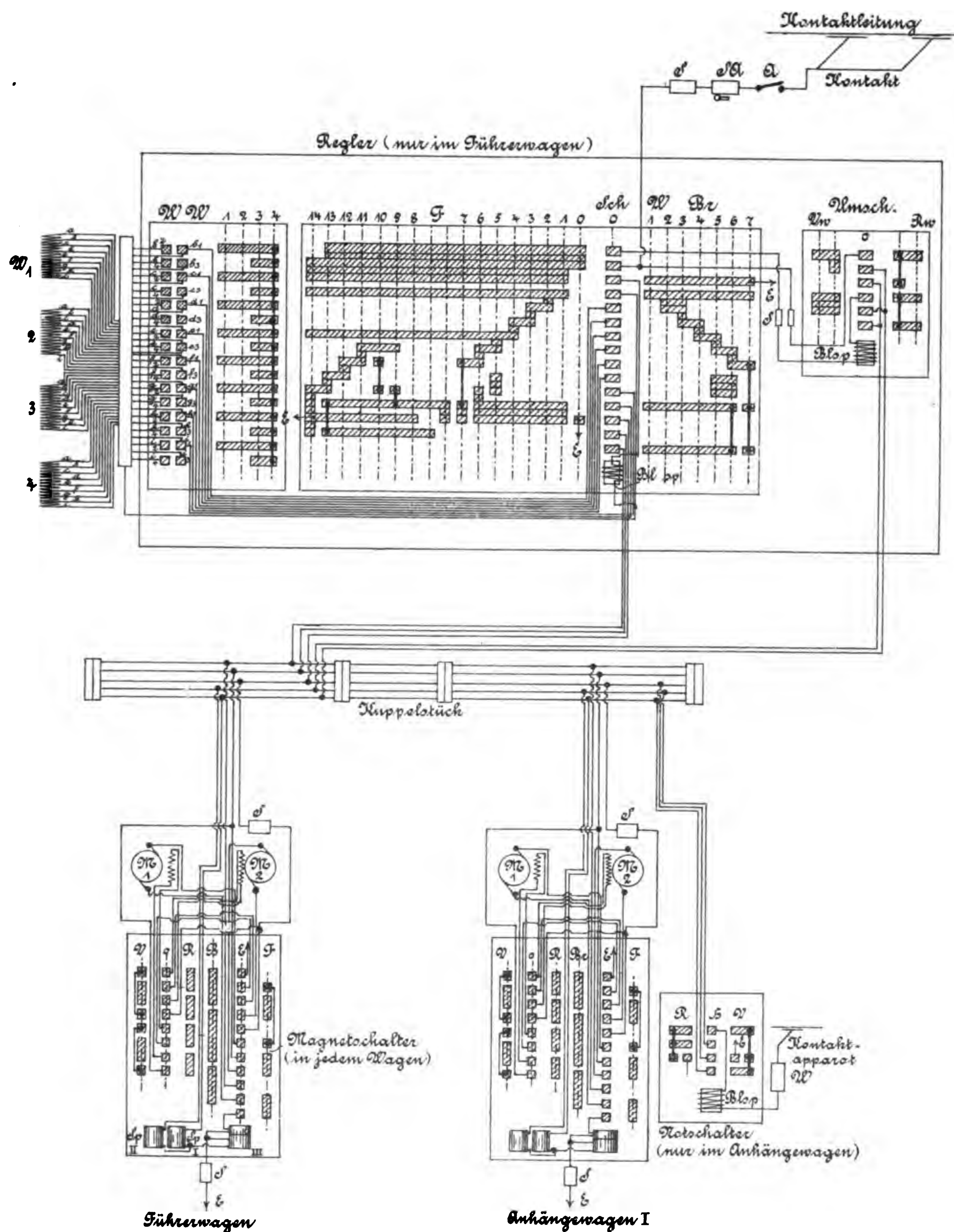


Fig. 2.

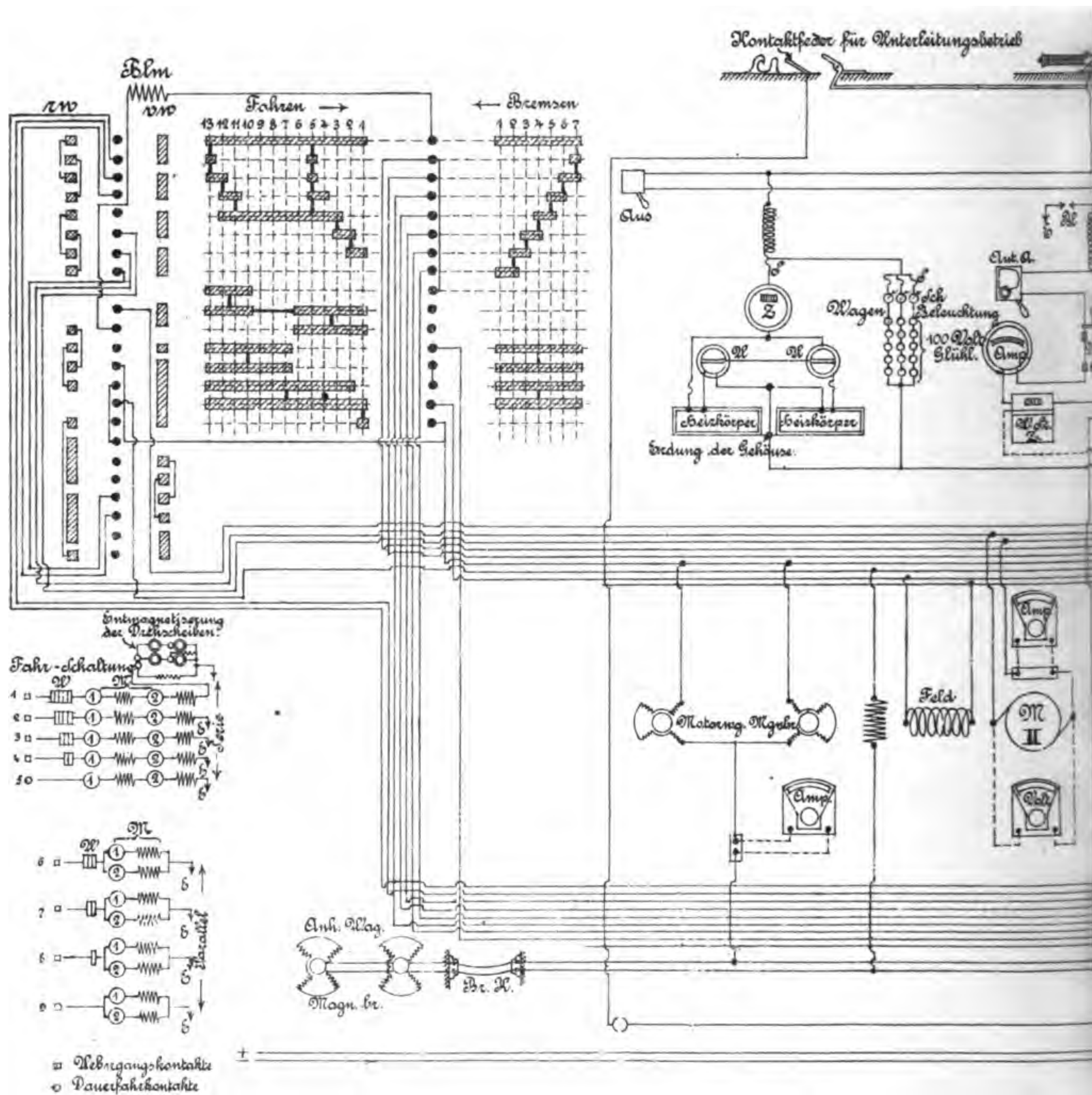


Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.
Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

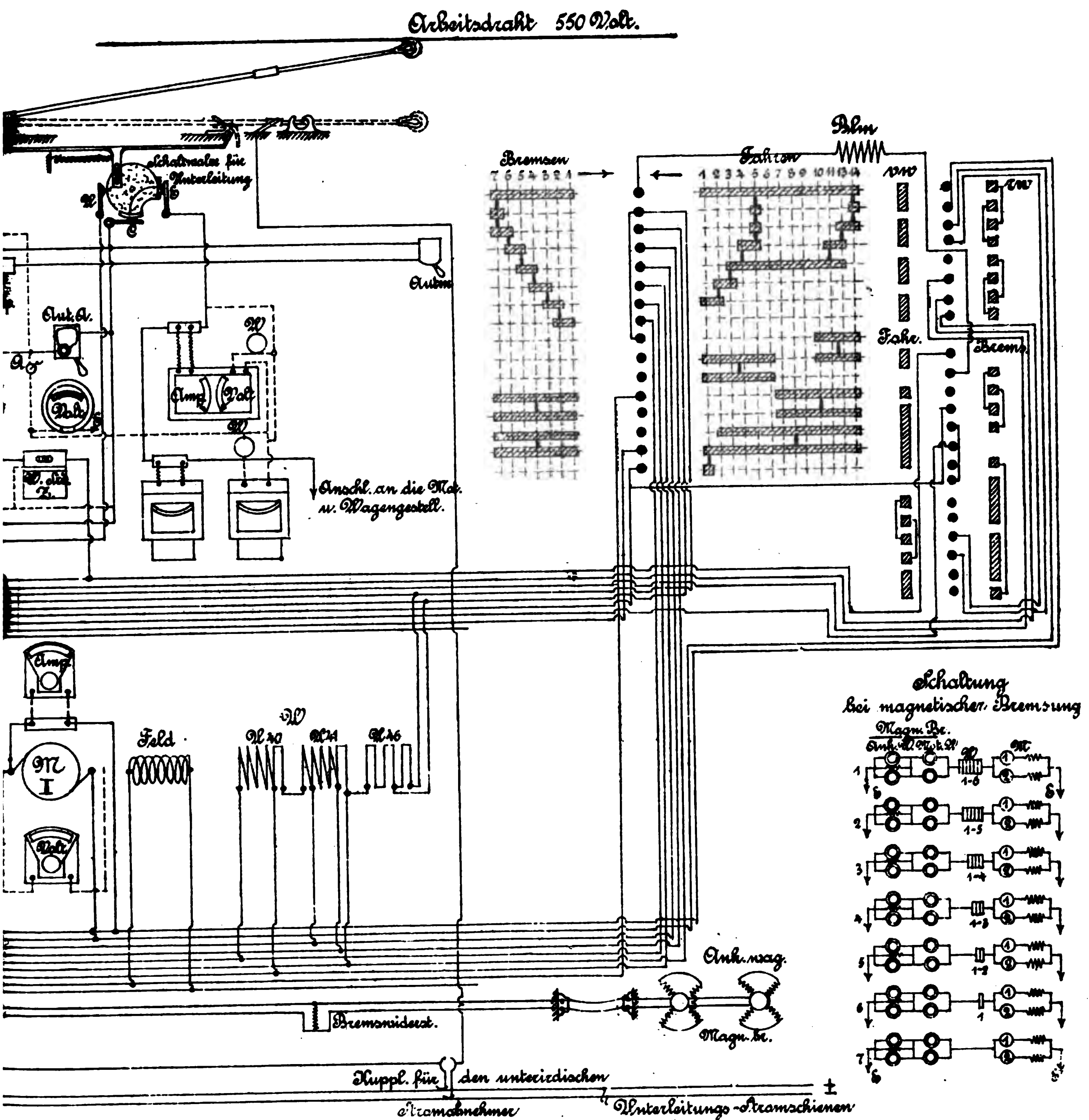


Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



Verlag von Louis Marcus



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

…uchhandlung, Berlin S.W. 61.

Fig. 1.

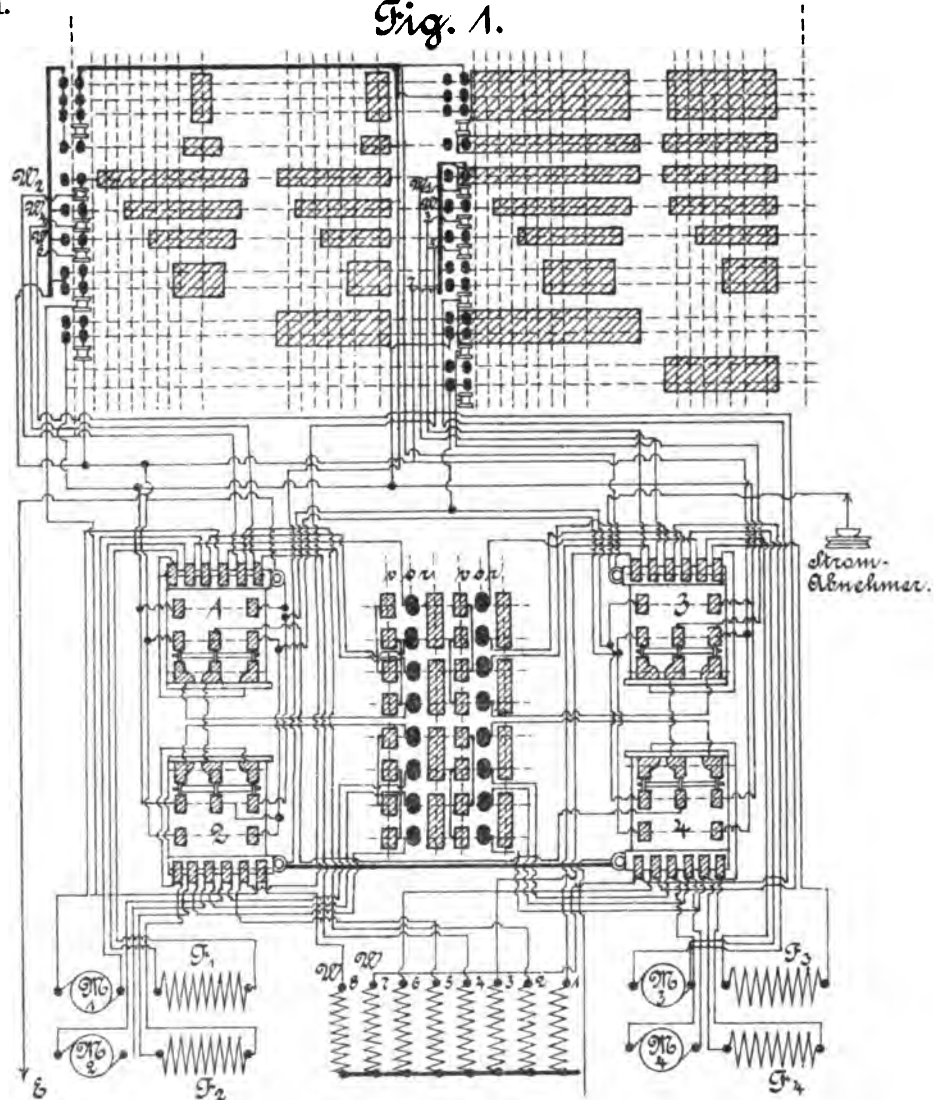
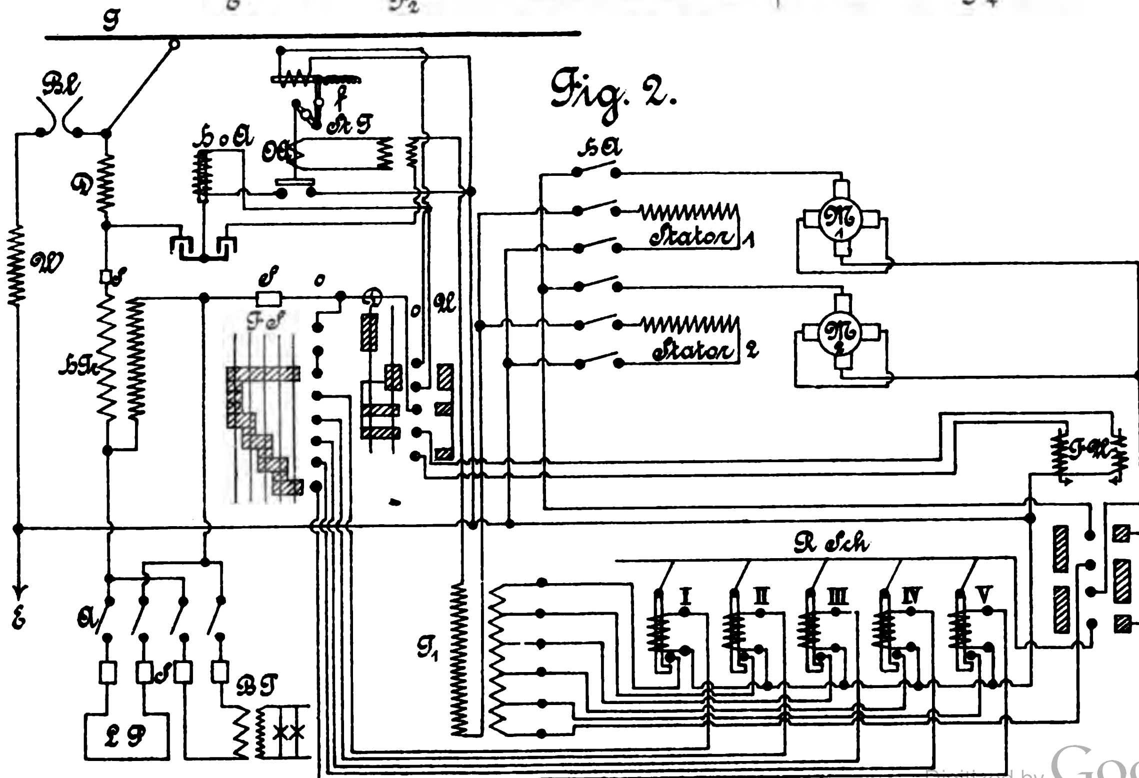


Fig. 2.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Fig. 1.

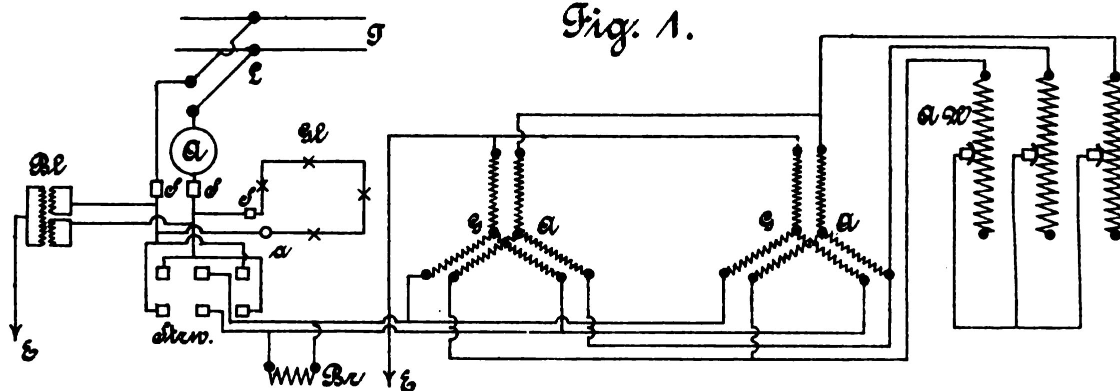


Fig. 2.

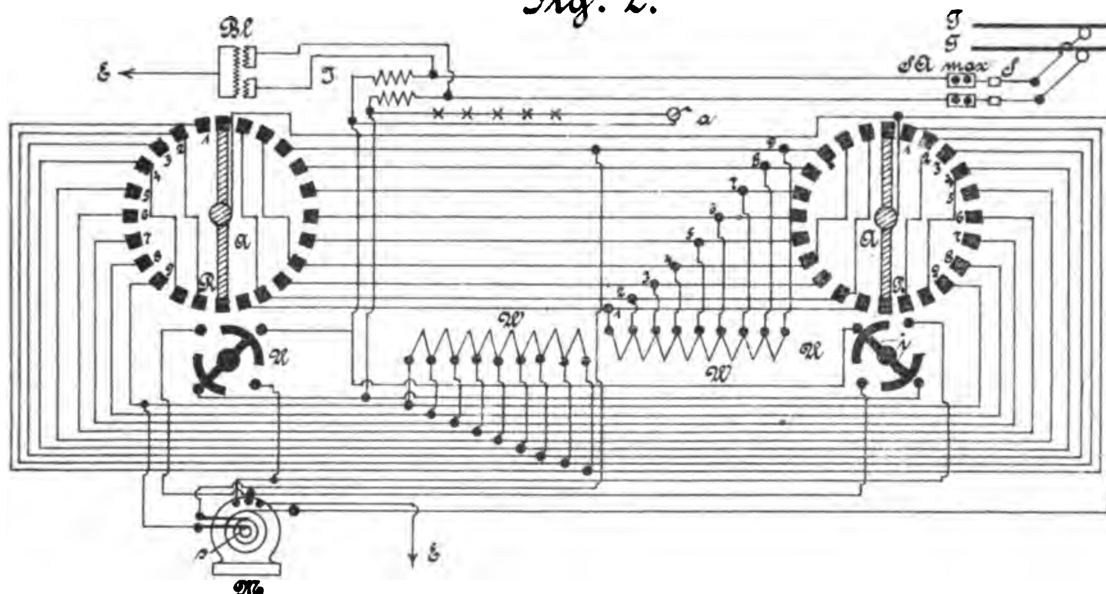
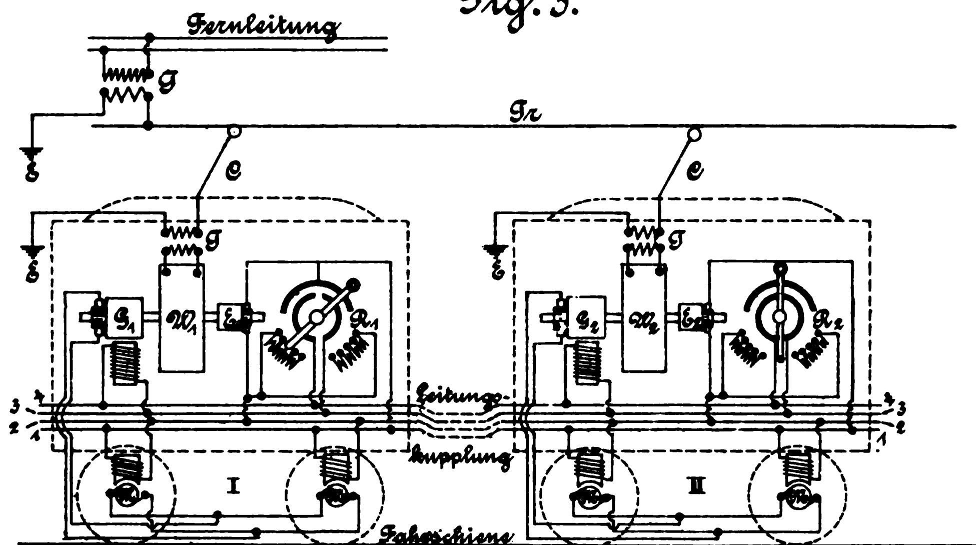


Fig. 3.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Fig. 1.

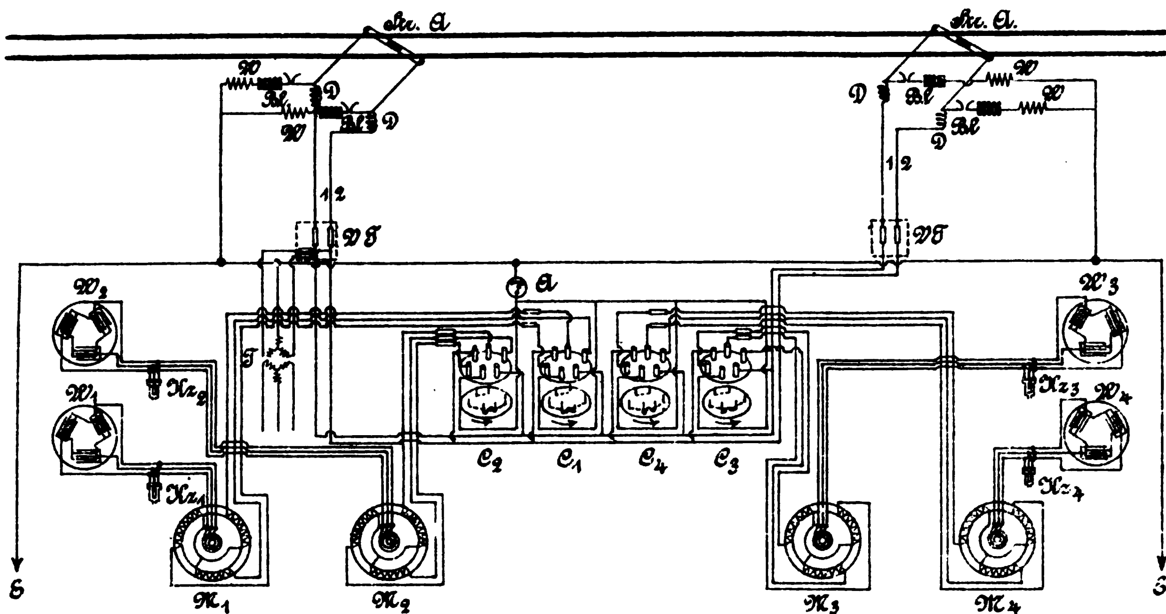
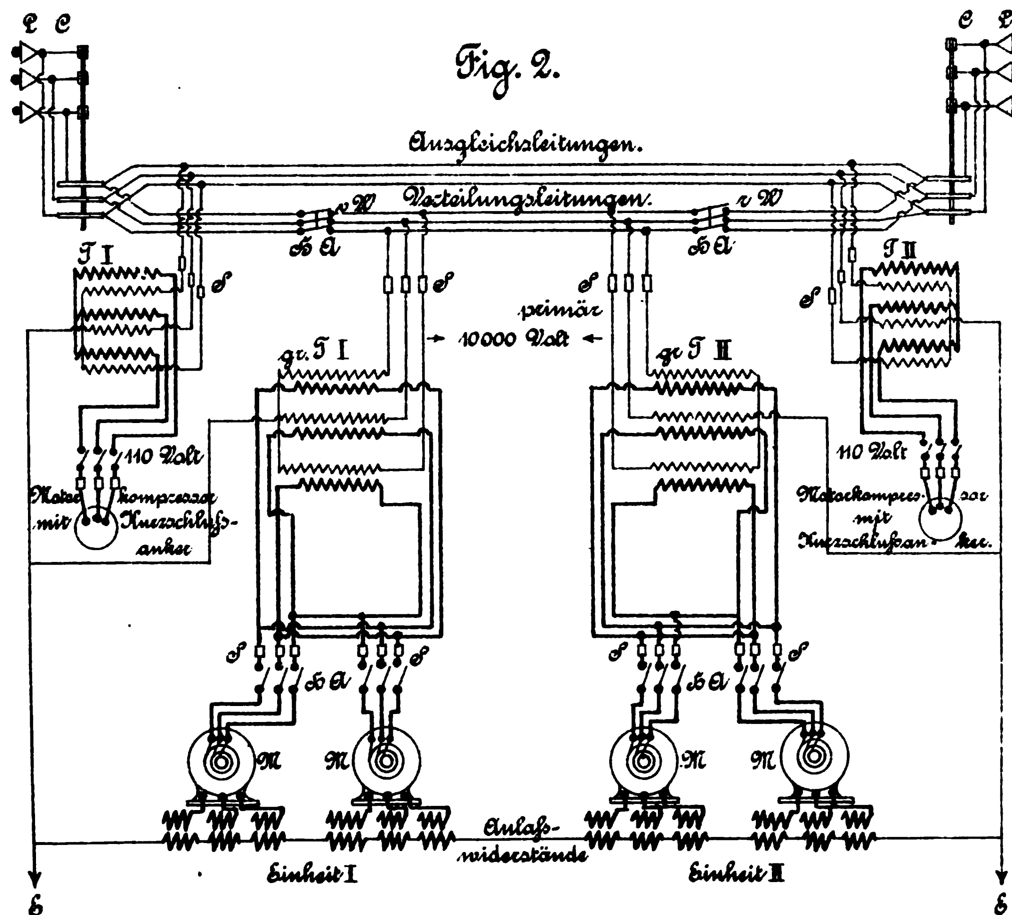
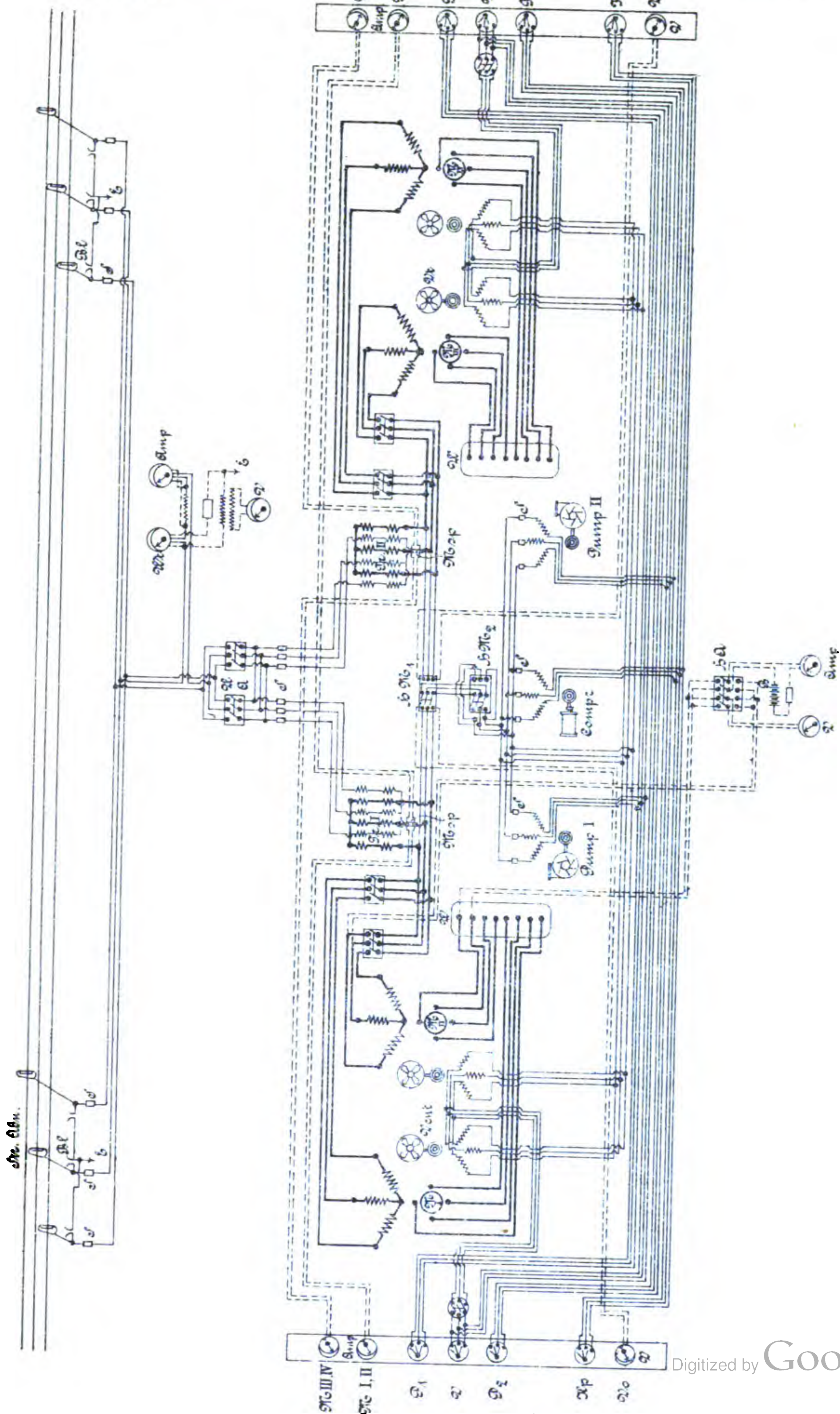


Fig. 2.

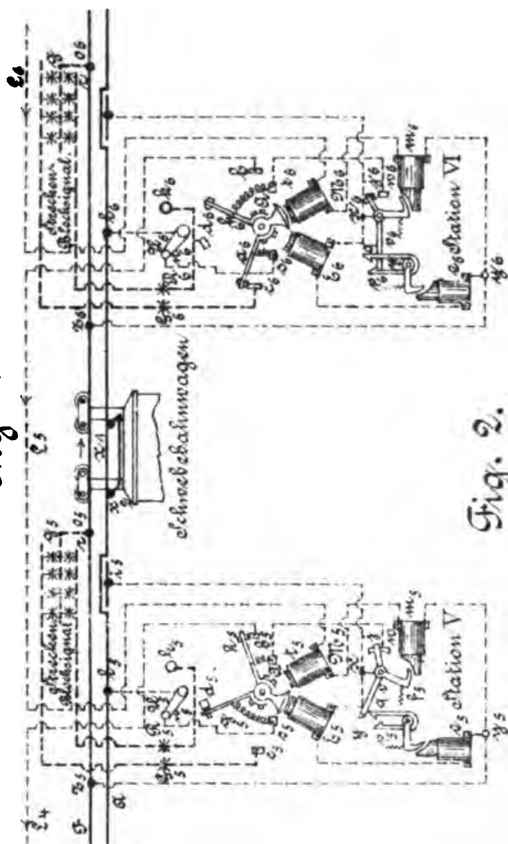


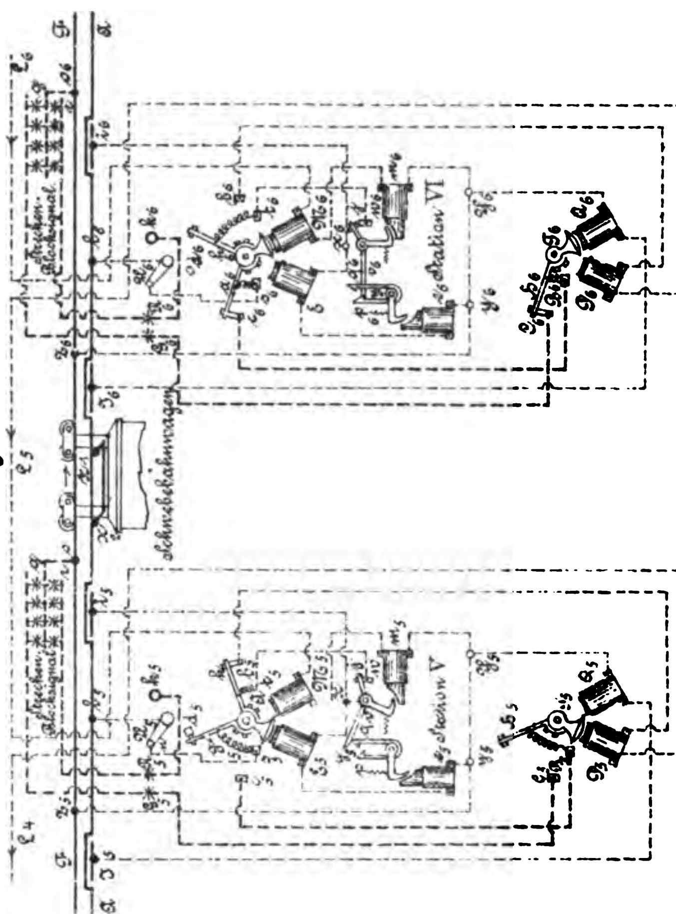
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

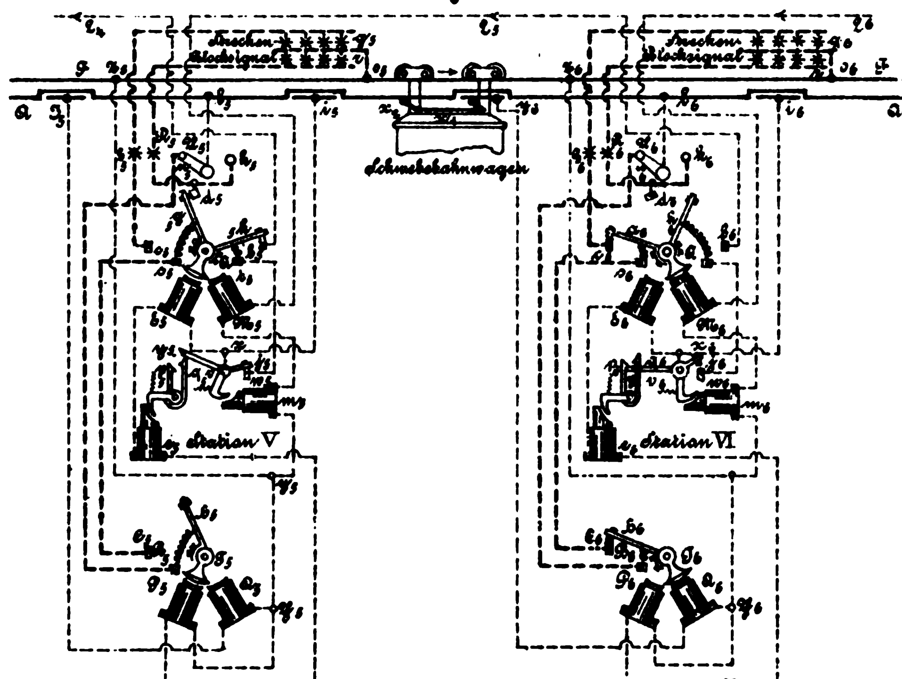
Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.
Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W.

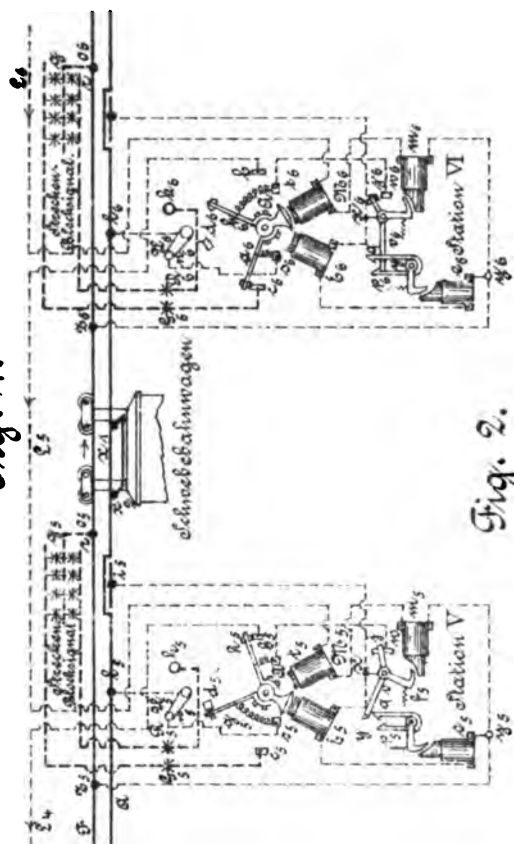


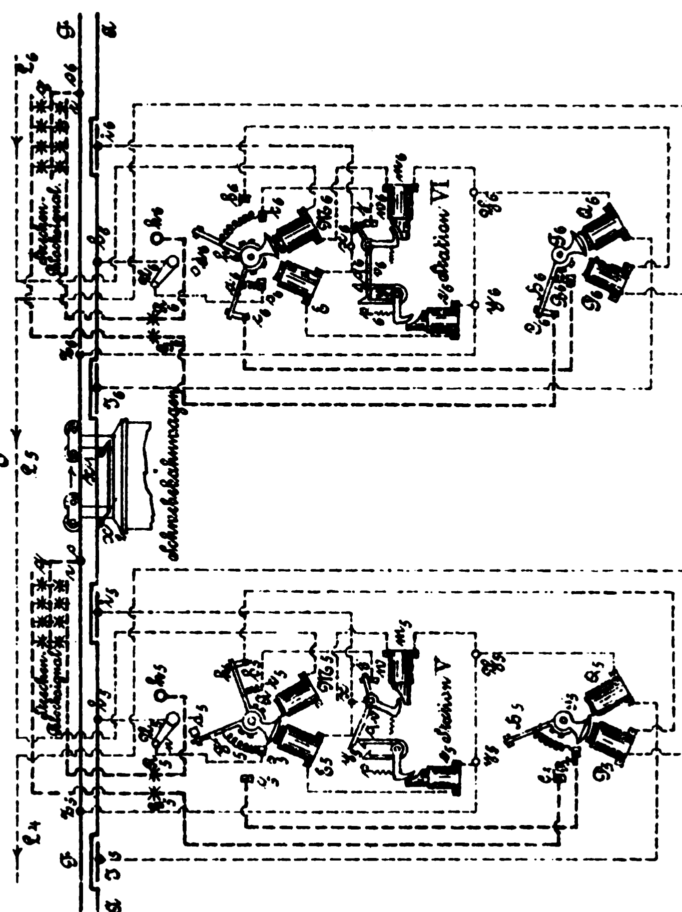


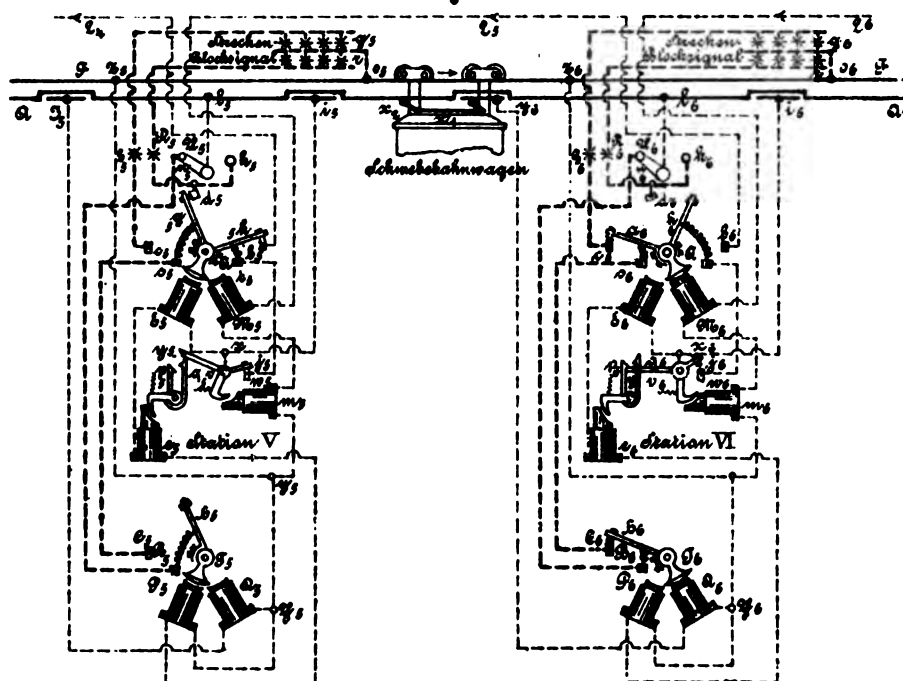


Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

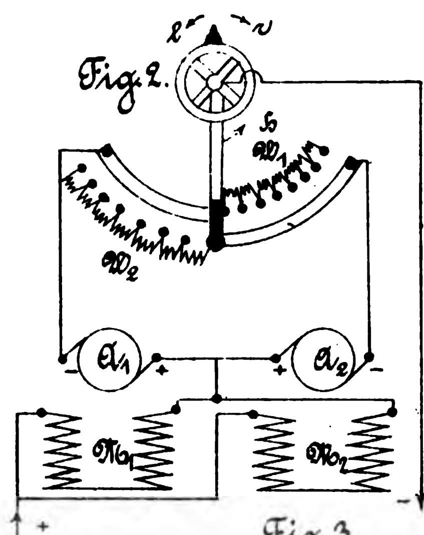


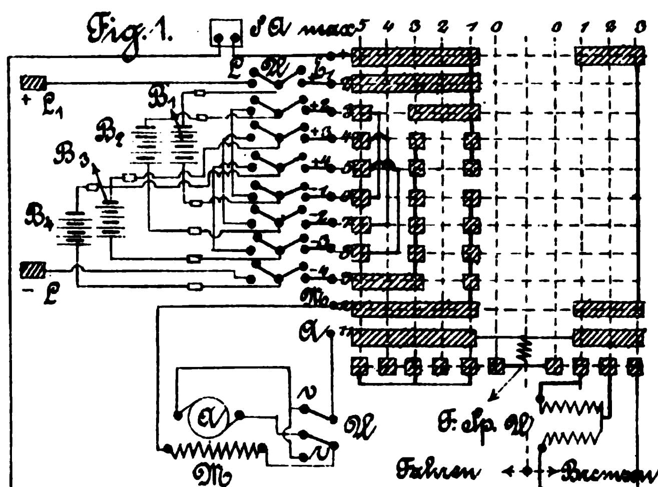


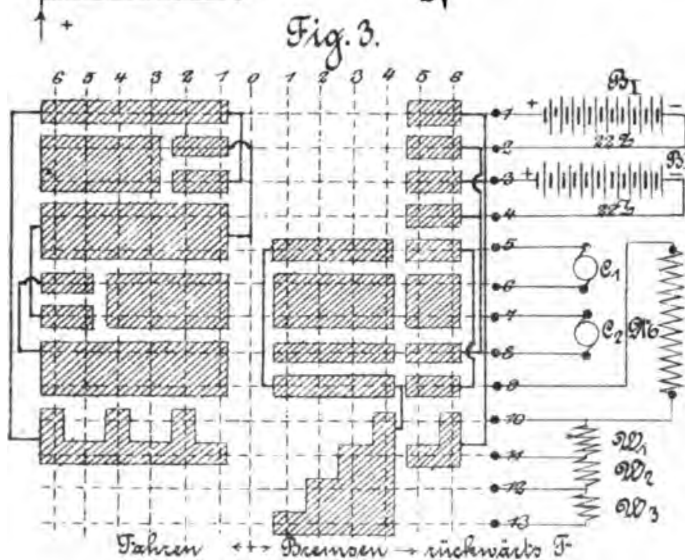


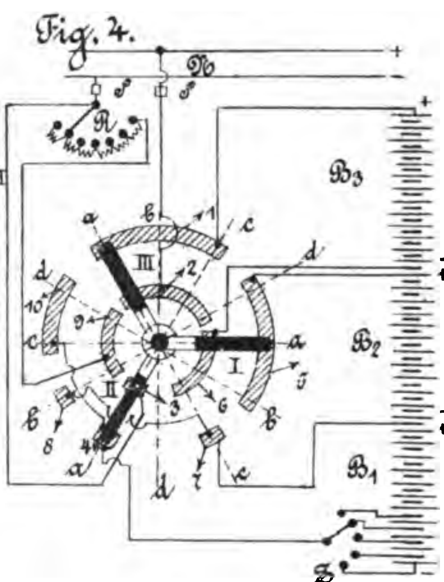
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

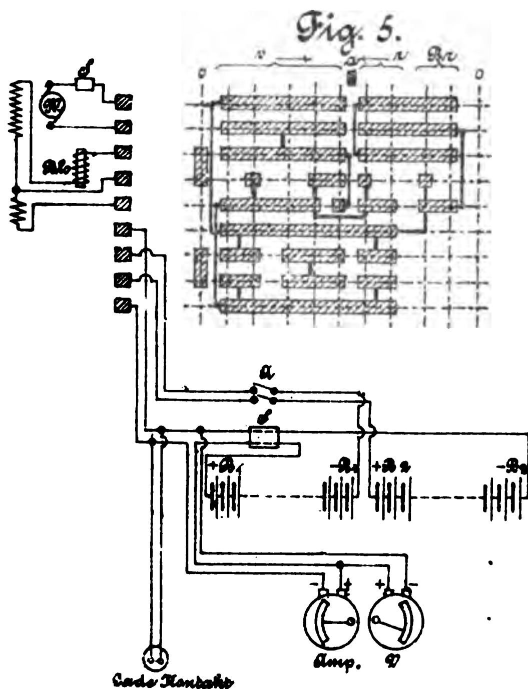
Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

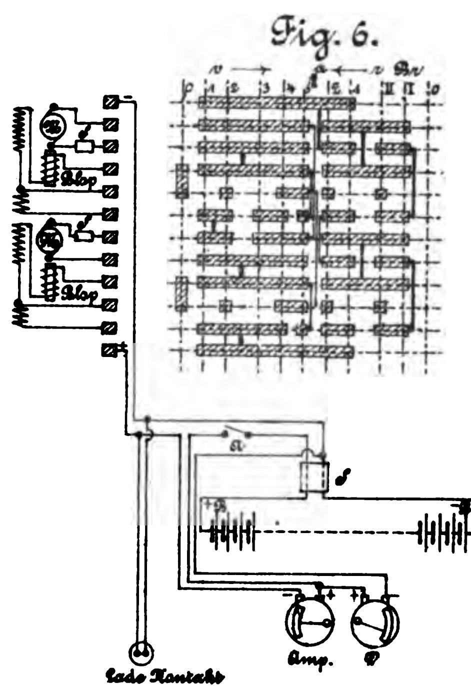






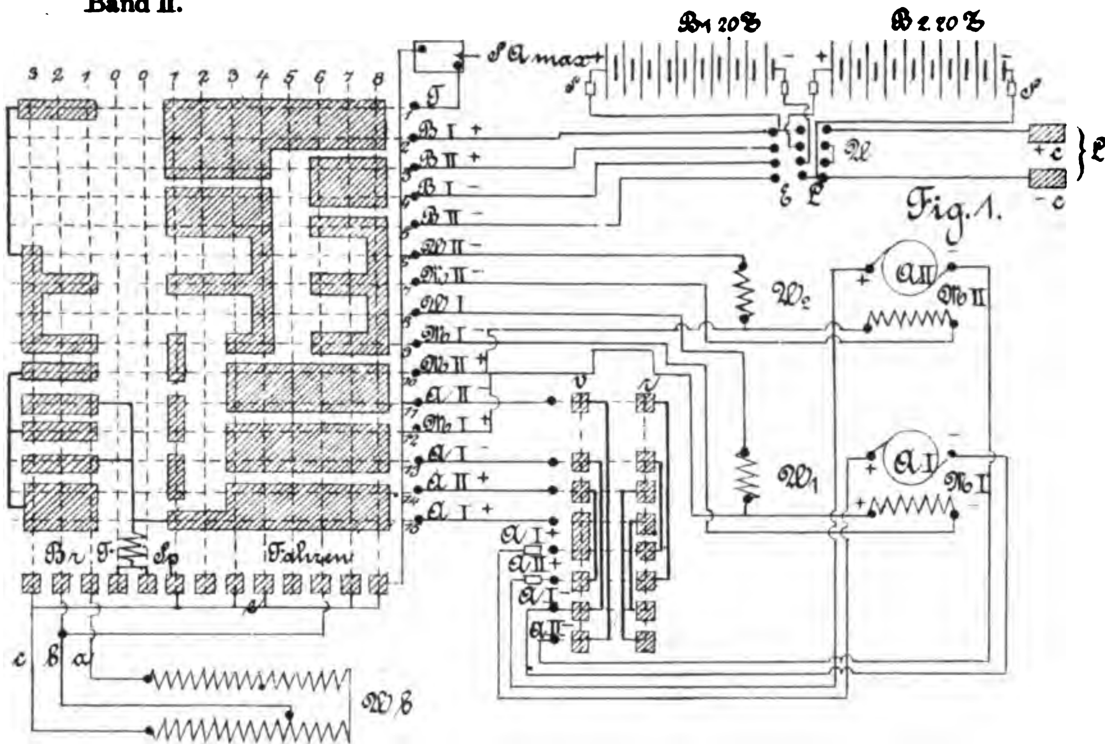


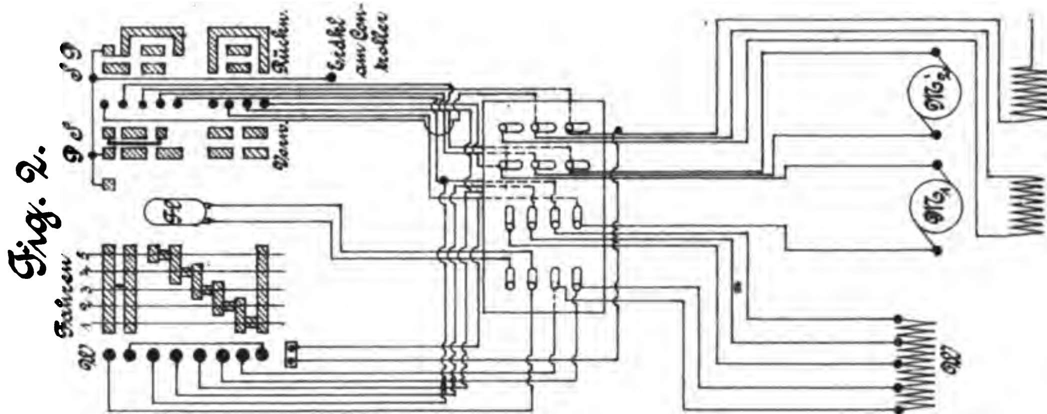


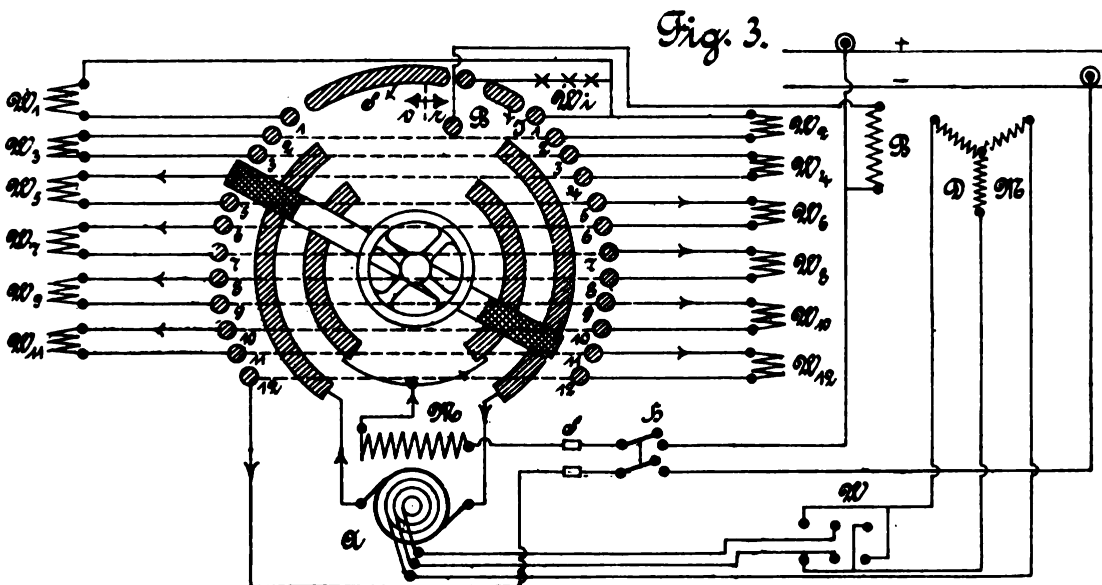


Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

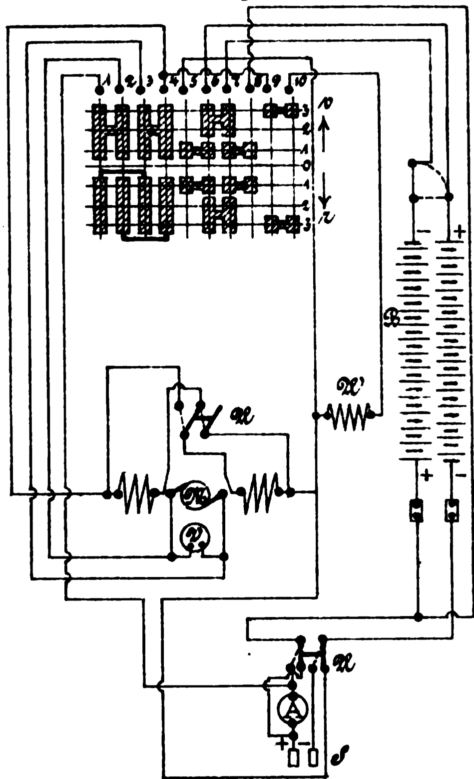


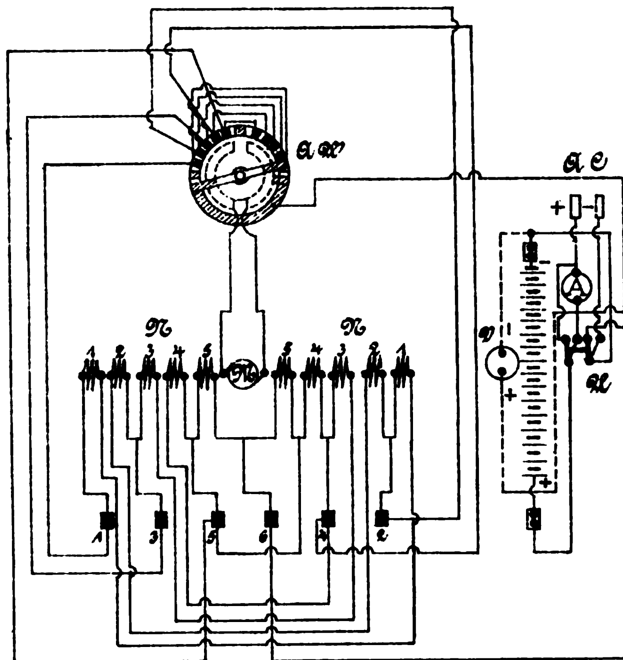


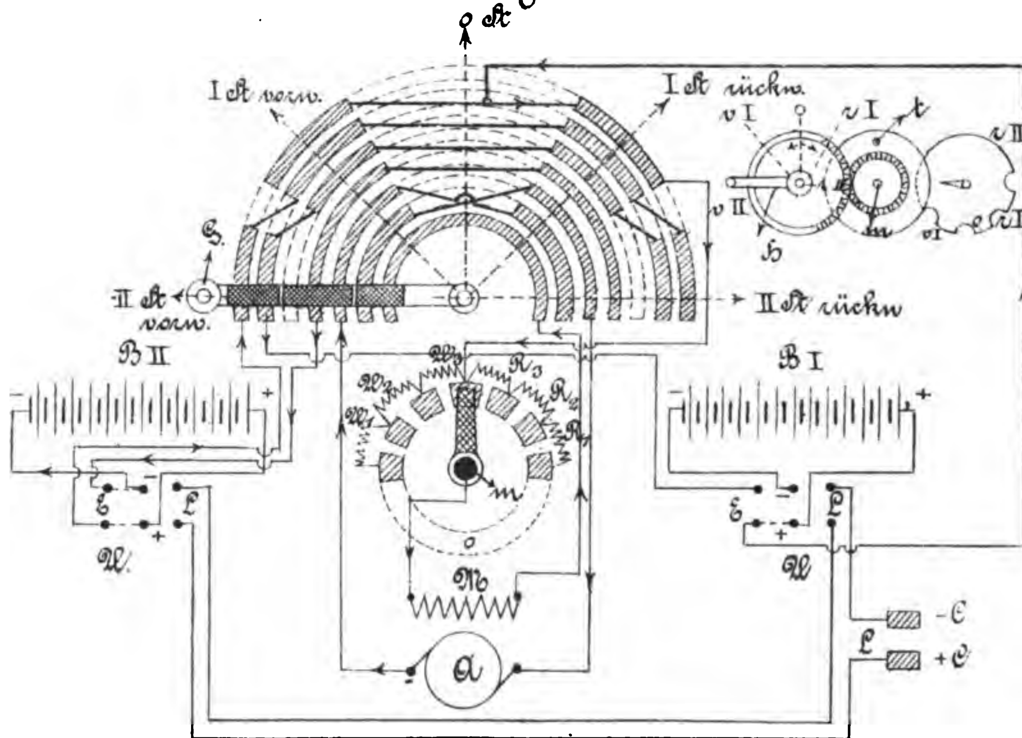


Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

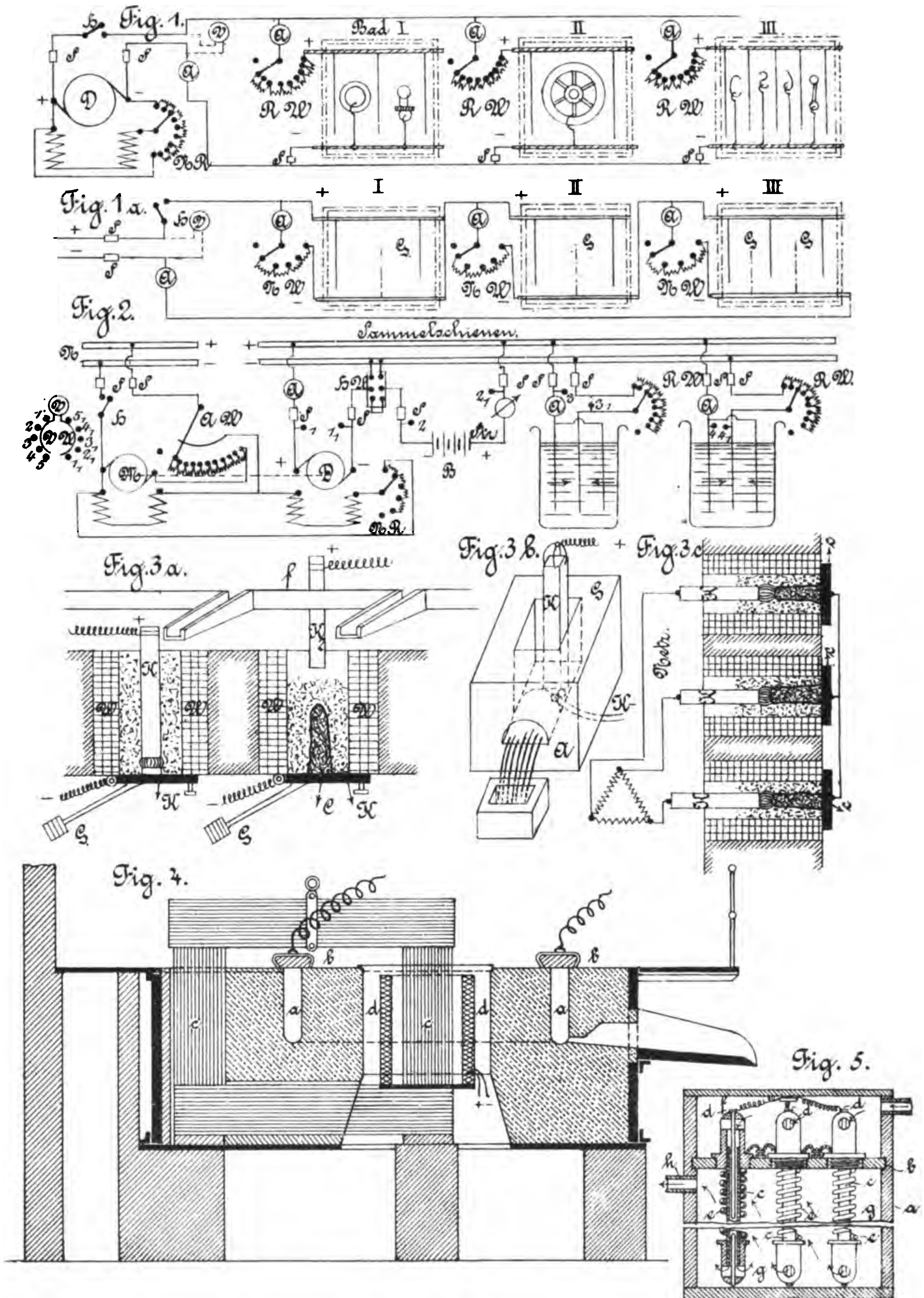






Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung. Berlin S.W. 61.


89089723258
B89089723258A



